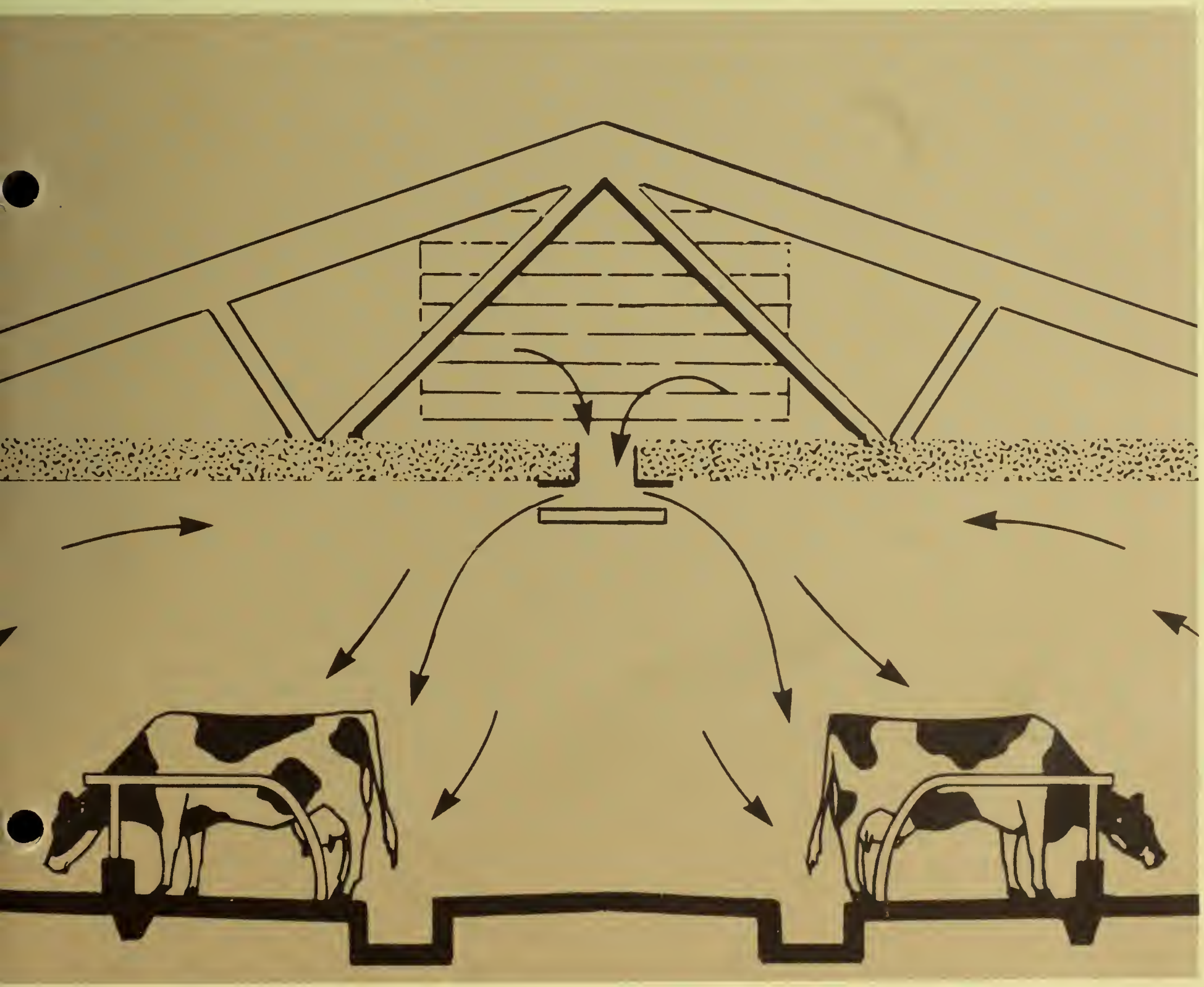
Agriculture Canada

Publication 1714/F

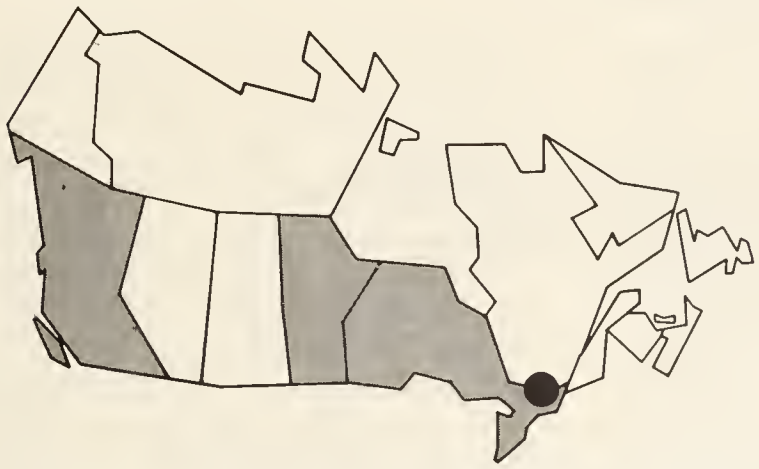
STABULATION ENTRAVÉE DES BOVINS LAITIERS



Digitized by the Internet Archive
in 2012 with funding from
Agriculture and Agri-Food Canada – Agriculture et Agroalimentaire Canada

http://www.archive.org/details/stabulationentra00munr

PUBLICATION FÉDÉRALE/PROVINCIALE



STABULATION ENTRAVÉE DES BOVINS LAITIERS

La présente publication est destinée aux producteurs laitiers canadiens qui ont l'intention de construire de nouvelles installations ou encore de rénover celles qu'ils utilisent déjà. Elle vise à leur faire profiter des résultats de la recherche, de l'expérience d'autres producteurs et des progrès techniques les plus récents. Les chapitres consacrés aux critères de base, à la construction de logements calorifugés et à la ventilation ont été rédigés par M. J.A. Munroe, de l'Institut de recherches techniques et statistiques d'Agriculture Canada; le chapitre sur la stabulation entravée est l'oeuvre de M. R.J. Milne, de la Direction de la vulgarisation du ministère de l'Agriculture et de l'Alimentation de l'Ontario; celui sur la traite a été préparé par M. D. Hodgkinson, de la Direction des services techniques du ministère de l'Agriculture du Manitoba; enfin, le chapitre traitant de l'élimination et de l'utilisation du fumier a été rédigé par M. E. Barber, attaché auparavant à la Direction générale du génie rural du ministère de l'Agriculture de la Colombie-Britannique.

PUBLICATION 1714, on peut obtenir des exemplaires aux Services d'information, Agriculture Canada, Ottawa K1A 0C7

©Ministre des Approvisionnements et Services Canada 1981
N° de cat. A63–1714/1981F ISBN: 0-662-91020-6
Impression 1981 6.5M–3:81

Also available in English

TABLE DES MATIÈRES

Introduction/3

1. Critères de base/3
2. Disposition d'une étable à stalles entravées/4
3. Construction d'une étable calorifugée/9
   - Prises d'air encastrées/11
   - Planchers/11
   - Peinture/11

4. **Ventilation/14**
   - Problème d'équilibre thermique/15
   - Commande des ventilateurs/16
   - Prise d'air extérieure et distribution de l'air/20
   - Ventilateurs, prises d'air et pressions statiques/22
   - Autres systèmes/23
   - Plafonds poreux/24

5. **Traite/25**
   - Mécanique de la traite/25
   - Canalisation à vide/28
   - Lactoduc/30
   - Filtres à lait/33
   - Détergents et nettoyage/33
   - Citernes/34
   - Besoins en eau et élimination des déchets/34
   - Laiteries/35

6. **Élimination et utilisation du fumier/36**
   - Collecte et transfert du fumier/38
   - Fosse à fumier/42
   - Extraction du fumier de la fosse et épandage/47
   - Élimination des eaux usées de laiterie/51

INTRODUCTION

Cette série consacrée au logement des bovins laitiers comporte trois parties. La présente porte sur les étables à stalles entravées et la deuxième, sur les étables à logettes ou à stabulation libre; en plus de mentionner certains détails de construction, ces deux parties décrivent la disposition des logettes ou des stalles, selon le cas, les salles de traite, les systèmes de ventilation et l'évacuation du fumier.

La troisième partie traitera du logement des génisses et des veaux laitiers de même que des installations de vêlage. Elle sera publiée en une série de feuillets par le Service des plans du Canada. On y trouvera une description de divers systèmes de logement de jeunes bovins pouvant convenir aussi bien à la stabulation entravée qu'à la stabulation libre.

Chaque partie devant faire l'objet d'un ouvrage distinct, certains chapitres se recoupent, notamment en ce qui concerne la construction des bâtiments et les systèmes d'évacuation du fumier. De nombreux détails de construction pour les charpentes à poteaux, par exemple, sont les mêmes qu'il s'agisse de stabulation libre ou entravée. Dans la mesure du possible, nous avons reproduit des plans et des concepts éprouvés par le Service de plans du Canada.

En tenant pour acquis que l'éventuel acheteur ou rénovateur a déjà choisi le type de logement qui convient à son troupeau laitier, nous avons consacré très peu d'espace sur le pour et le contre des deux systèmes. Nous avons plutôt insisté sur les diverses possibilités de chacun.

1. CRITÈRES DE BASE

Pour déterminer quel type de logement à stalles entravées il adoptera pour ses bovins laitiers, le producteur doit tenir compte des critères suivants: le bien-être des animaux, et la production et la manutention du lait. Il doit répondre aux besoins en aliments et en eau des bovins tout en leur assurant un environnement convenable.

Les différents systèmes offerts sur le marché, notamment les divers types de mangeoires, les convoyeurs et les installations d'entreposage des aliments, sont présentés dans la deuxième partie de cet ouvrage. Pour de plus amples renseignements concernant la transformation et la manutention des aliments du bétail, consulter la publication 1572 d'Agriculture Canada intitulée *Transformation et manutention des provendes*.

Les bovins doivent toujours disposer d'eau fraîche et propre. Des abreuvoirs sont disposés à cette fin, à raison d'un par deux vaches. Ces abreuvoirs doivent être de construction solide et facilement nettoyables. Le deuxième chapitre en expose la disposition la plus appropriée en fonction des types de mangeoire et de stalles choisis.

En ce qui concerne l'environnement, nous ne traiterons que de la température, de l'humidité, du taux de ventilation et de l'espace nécessaire à chaque animal. Ce dernier point a peu d'impact sur le rendement des animaux soumis à la stabulation entravée, pourvu que les stalles soient de bonne dimension. Les dimensions normalement recommandées par le Service des plans du Canada et les bureaux provinciaux de l'Agriculture figurent au deuxième chapitre. Toutefois, l'espace moyen dont dispose chaque animal dans l'étable permet parfois de déterminer l'efficacité relative des différents types d'étables.

D'aucuns ont déjà tenté de déterminer l'aptitude de l'animal à croître et à produire dans des conditions diverses. Une étude a ainsi démontré que les Holstein affichent la même production laitière lorsqu'elles sont soumises à des températures variant entre −12 et 25°C (figure 1). Cependant, dès que la température se situe entre 25 et 35°C, la production fléchit de 50 %. Les Jersey ne semblent pas résister aussi bien au froid que les Holstein puisque leur production laitière chute dès que la température ambiante tombe en dessous du point de congélation. À des températures supérieures à 25°C, leur production régresse elle aussi, quoique les Jersey, de taille plus petite, ne semblent pas en souffrir autant que les Holstein.

Les vaches laitières ont encore plus de mal à supporter les températures basses ou élevées si elles sont accompagnées d'une forte humidité. Par exemple, un taux hygrométrique (HR) variant entre 90 et 100 % fait fléchir de 7 % la production laitière des Holstein à une température de −4°C. Par contre, les animaux s'accommodent mieux de la chaleur et d'une humidité élevée s'ils sont exposés au vent; par temps chaud, on peut diminuer les effets de la chaleur sur les bovins en laissant pénétrer la brise de l'extérieur par les portes de l'étable.

L'humidité élevée, particulièrement à basse température, rend les animaux plus vulnérables aux maladies respiratoires; en outre, elle accélère la pourriture et la détérioration du bâtiment. Il importe donc d'éviter le plus possible un état hygrométrique trop élevé dans les étables; le taux maximum admissible par temps froid est de 80 %. Par temps chaud (plus de 25°C), on peut en contrecarrer les effets en assurant une bonne aération à l'intérieur du bâtiment. Il suffit d'ouvrir les portes ou encore d'orienter les prises d'air sur les animaux.

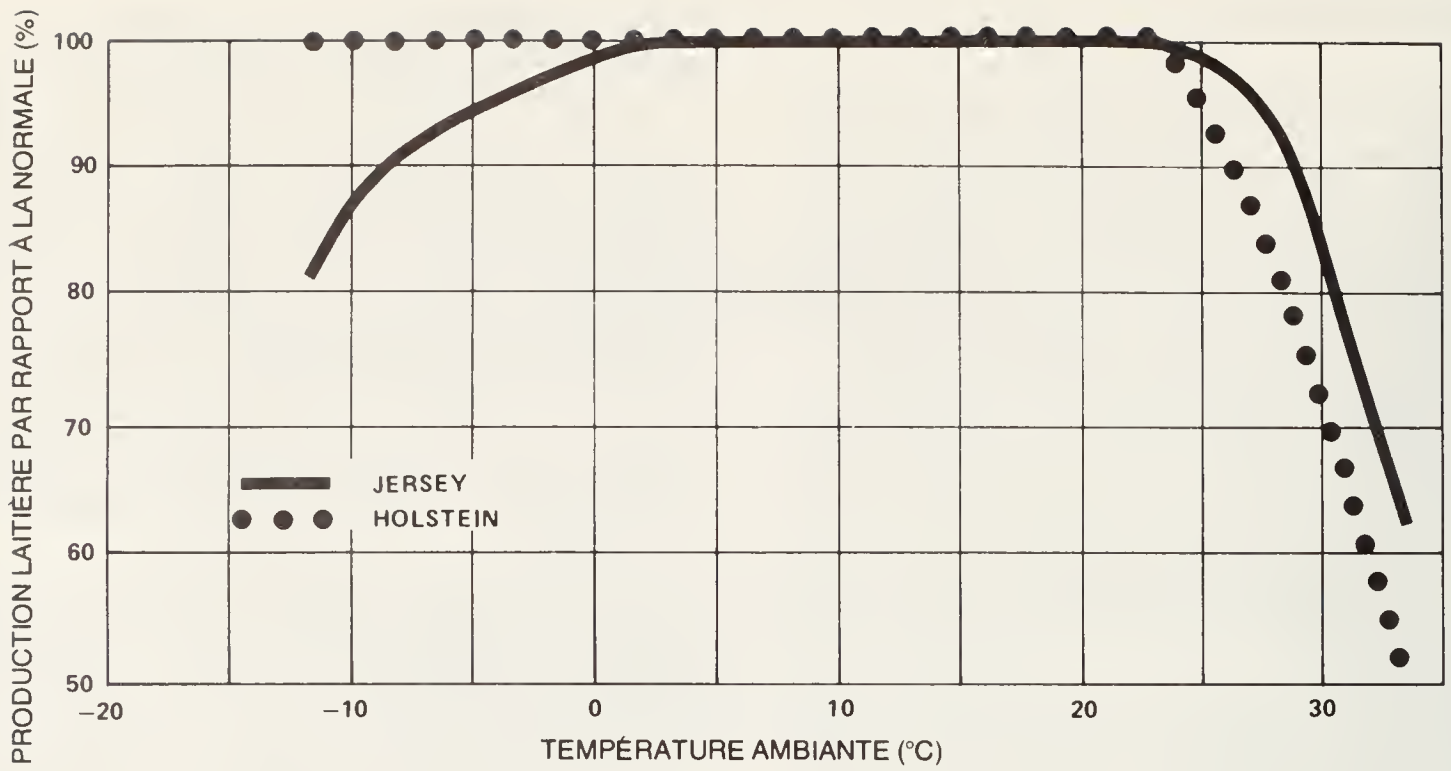


Figure 1 Variation de la production de lait des Jersey et Holstein en fonction de diverses températures ambiantes, avec une humidité relative entre 55 et 70 %. (D'après Yeck et Stewart, 1959).

2. DISPOSITION D'UNE ÉTABLE À STALLES ENTRAVÉES

L'étable à stalles entravées est celle qui convient le mieux, tout en étant la plus économique et la plus efficace, à un troupeau de 50 à 60 vaches laitières gardées à l'intérieur, du moins pendant les mois d'hiver. À moins que vous ne songiez grossir votre troupeau, les autres systèmes de stabulation ne sauraient être aussi avantageux sur le plan des coûts de construction et de l'entretien.

Bien des gens, plus familiers avec ce type d'étable, le préfèrent à tout autre. C'est le cas de l'exploitant, qui s'y sent plus à l'aise pour travailler. L'étable à stalles entravées permet aussi à nombre d'agriculteurs, qui tirent une partie de leur revenu de la vente de bovins de race, d'exposer ces animaux plus facilement.

TAILLE DU TROUPEAU Avec la stabulation entravée, on dispose normalement les quelque 50 ou 60 vaches du troupeau en deux rangées. Le propriétaire d'un troupeau plus important qui ne désire pas adopter un système d'élevage en logettes peut choisir parmi d'autres types d'installation.

Beaucoup d'exploitations laitières familiales comptent entre 25 et 40 vaches. Les troupeaux plus nombreux nécessiteront probablement de la main-d'oeuvre additionnelle. Dans ce cas, le système le plus efficace consiste à confier quelque 30 vaches à chaque ouvrier. Étant donné que chacun des abreuvoirs, robinets de prise (canalisation à vide et lactoduc) et séparations de stalle peut desservir deux vaches, un nombre pair de stalles dans chaque rangée permet de réaliser des économies en matériel. Le système le plus avantageux sur le plan de la main-d'oeuvre et du matériel est celui qui groupe les vaches en multiples de 28 ou 32 réparties sur deux rangées.

Un producteur laitier travaillant 8 heures par jour peut s'occuper de 46 à 69 vaches, selon la rapidité avec laquelle il s'acquitte de ses tâches quotidiennes. S'il ne dispose que de 5 heures pour s'occuper de l'étable, de façon à consacrer le reste de son temps aux travaux des champs et au soin des jeunes animaux, il ne peut tenir qu'un effectif de 29 à 43 vaches.

DISPOSITION FACIALE OU DORSALE Entre 60 et 65 % du temps consacré à la routine dans une étable laitière à stalles entravées se passe derrière les vaches, de 15 à 20 % devant elles et de 20 à 25 % dans le reste du bâtiment. Une disposition dorsale des vaches permet donc d'économiser temps et énergie en plus de garder les murs propres. Toutefois, dans les grosses étables dotées d'un système de traite avec lactoduc et d'un distributeur d'aliments, la disposition faciale assure certaines économies en matériel et en espace, surtout si le couloir d'alimentation mesure 2 m ou moins de largeur, un seul distributeur d'aliments desservant alors les deux rangées. La disposition dorsale est la plus pratique pour un troupeau de 60 vaches ou moins; on optera pour la disposition faciale avec un troupeau plus important. La figure 2 illustre une disposition dorsale type.

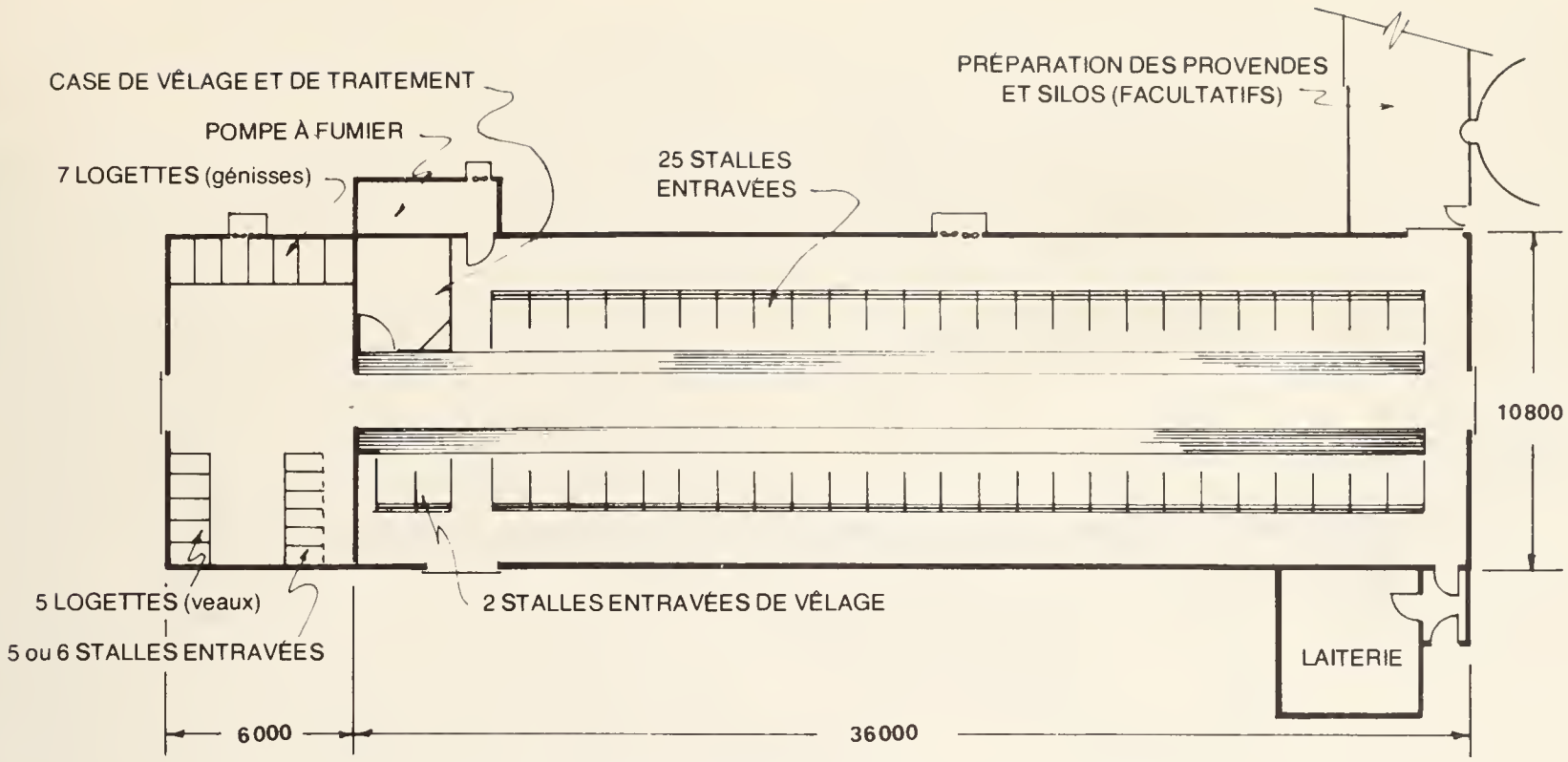


Figure 2 Étable laitière entravée à deux rangs, disposition dorsale.

LARGEUR DE L'ÉTABLE Une étable de 10,8 mètres de largeur peut recevoir aisément deux rangées de vaches. L'exploitant dispose de suffisamment d'espace et de stalles pour veiller à la santé et au bien-être de son troupeau.

Voici les dimensions (voir la figure 3) d'une étable type à stalles entravées:

A. Profondeur de la stalle: peut varier entre 1,35 et 1,80 m, selon le type de stalle et la taille des vaches. Le tableau 1 donne les profondeurs recommandées.
B. Largeur du couloir central et des caniveaux combinés: ne doit pas être inférieure à 3 m puisque tous les travaux de traite et de nettoyage se font dans cette aire. Si les caniveaux sont recouverts d'une grille, on peut diminuer légèrement la largeur.
C. Couloir d'alimentation des animaux: c'est à cet endroit que la largeur de l'étable peut varier. Toutefois, le couloir doit mesurer au moins 2,25 m de largeur. Plus il est large, plus les travaux d'alimentation sont faciles à effectuer.

La figure 4 illustre une coupe transversale d'une étable à disposition faciale type (2 rangées).

STALLES Les stalles longues et larges diminuent la fréquence des blessures aux pattes et au pis et prolongent la vie productive des vaches, sans compter la facilité d'accès et de mouvement qu'elles procurent à l'exploitant. Avant de déterminer la taille des stalles, l'exploitant doit avoir à l'esprit que de nos jours, les programmes d'élevage, d'alimentation et de sélection donnent des animaux plus gros que par le passé; il faut donc arrêter la taille des stalles en conséquence. On trouvera au tableau 1 les dimensions de stalles recommandées (d'après le Service des plans du Canada).

L'utilisation d'un dresseur électrique avec les grandes stalles assure une meilleure propreté des lieux et des vaches avec un minimum de litière.

Les figures 5, 6 et 7 illustrent les trois types de stalles les plus courants. Les plans de ces stalles font l'objet des dépliants M-2821, M-2822 et M-2823 du Service des plans du Canada.

TABLEAU 1 Dimensions des stalles entravées pour bovins laitiers

Taille de l'animal (kg)	Largeur de la plate-forme (mm)	Longueur de la plate-forme avec dresseur*(mm)
400	1000	1450
500	1100	1500
600	1200	1600
700	1300	1700
800	1400	1800

*Sans dresseur, construire des stalles plus courtes de 10 cm.

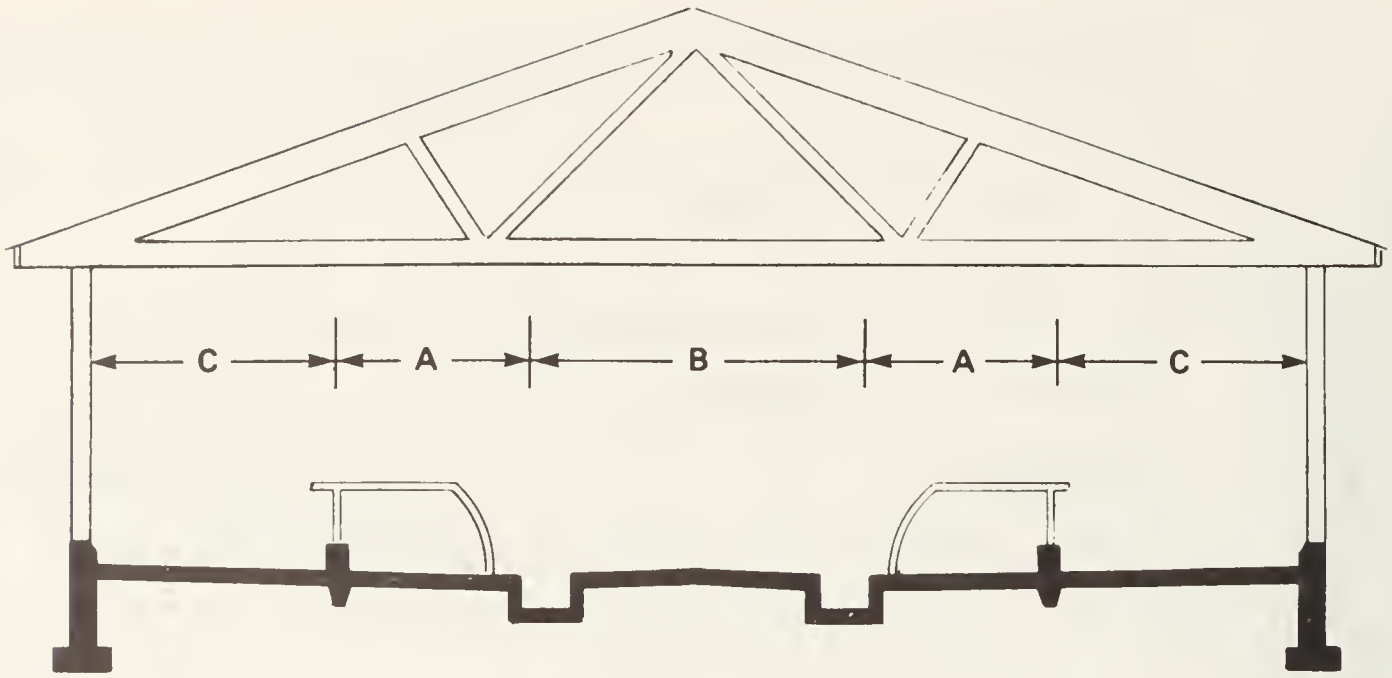


Figure 3 Rangs doubles, disposition dorsale.

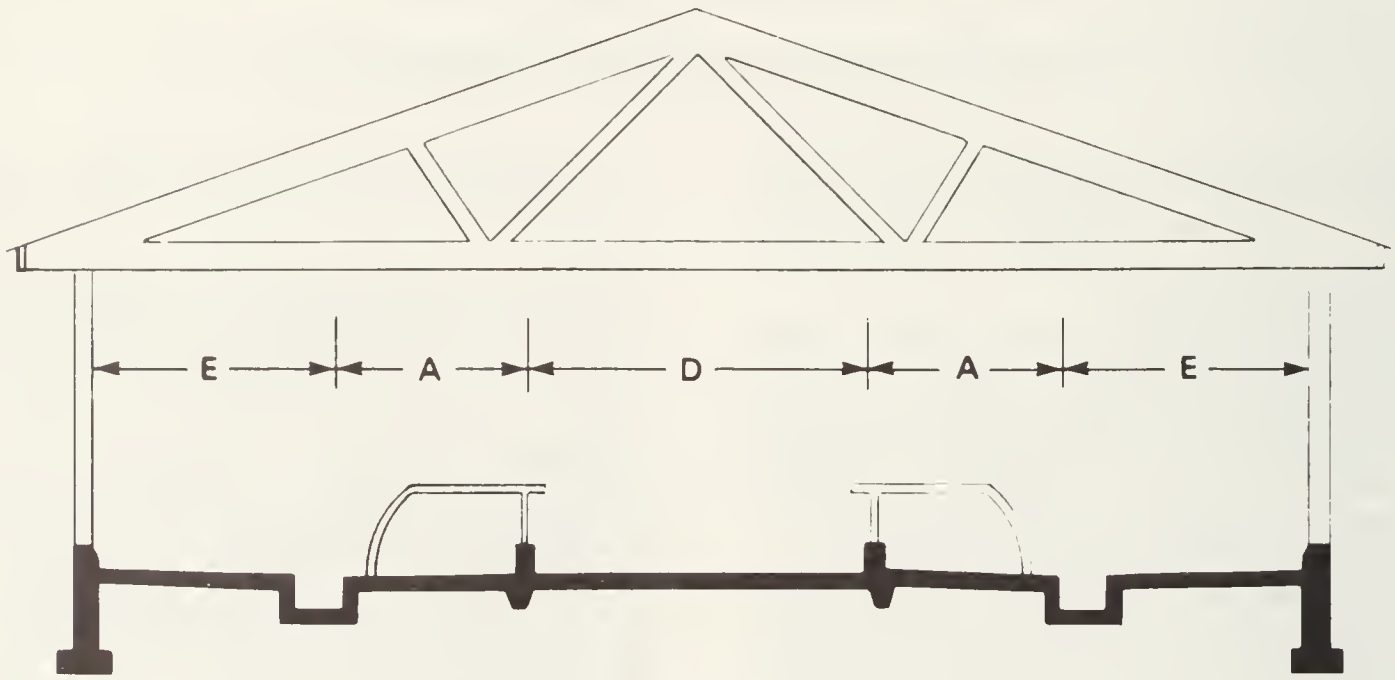


Figure 4 Rangs doubles, disposition faciale.

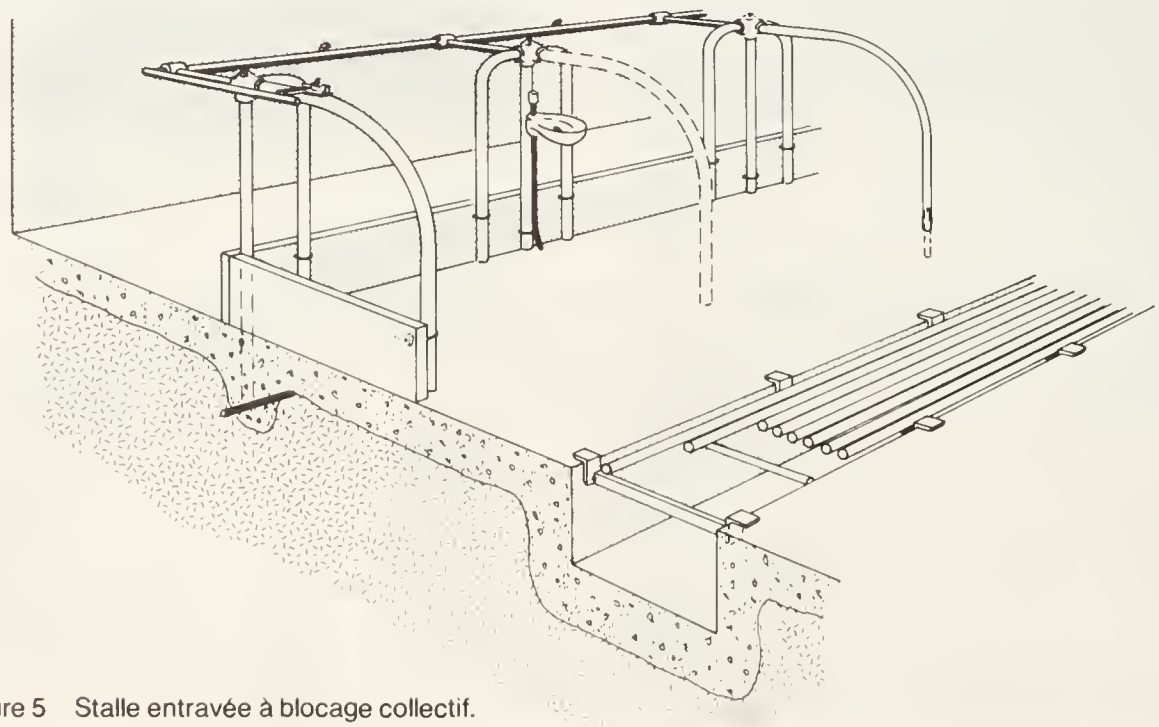


Figure 5 Stalle entravée à blocage collectif.

Figure 6 Stalle basse à chaîne.

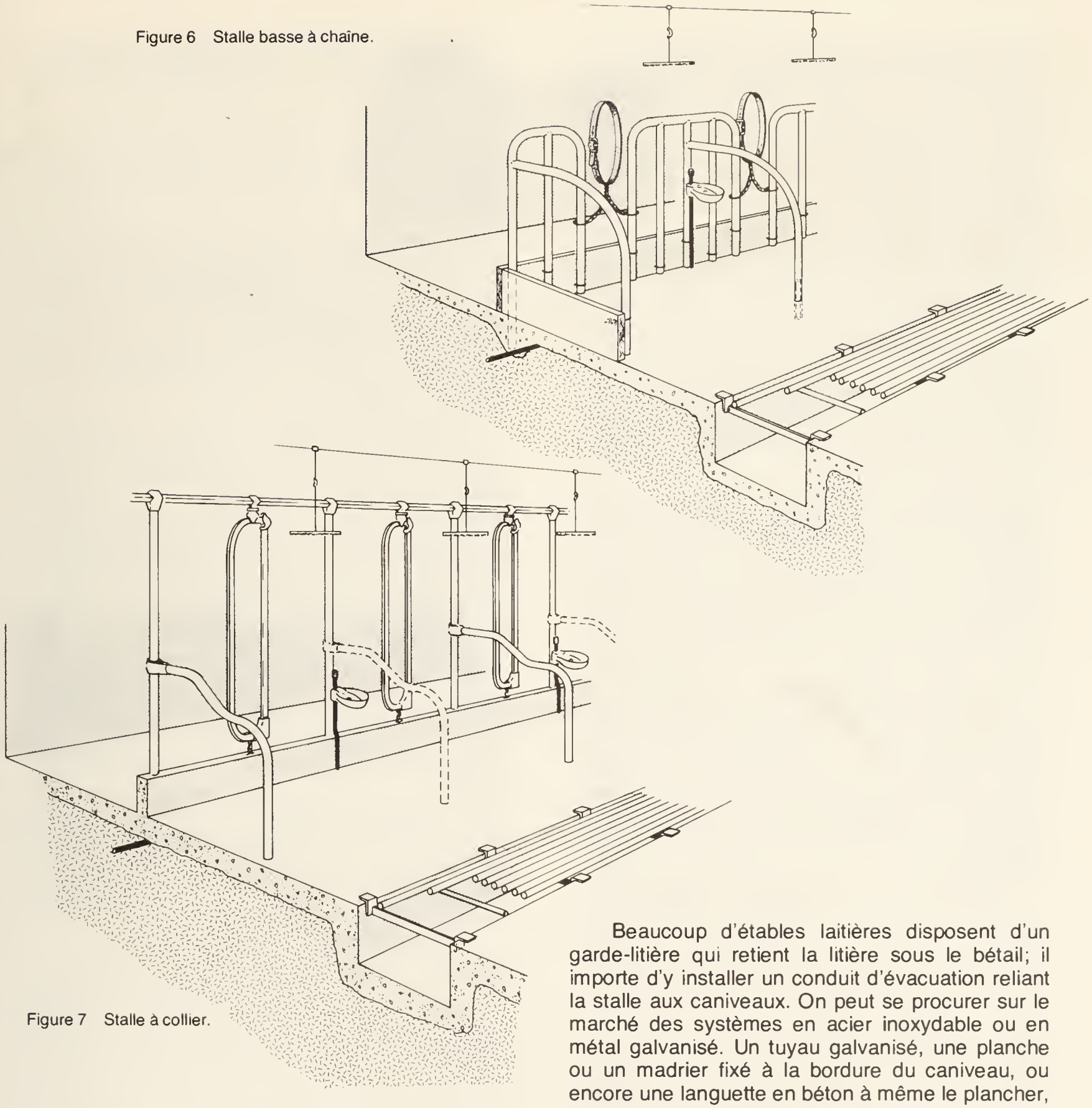


Figure 7 Stalle à collier.

La stalle entravée à blocage collectif permet aux vaches de s'avancer, tête en bas, pour s'alimenter, mais les oblige à reculer dans les autres positions, ce qui permet de garder la stalle propre avec un minimum de soins. Les vaches sont attachées au moyen d'un licol relié à une chaîne passant sous la barre de blocage, dans le crochet. On peut les détacher une à une ou construire une barre de blocage tournante qui, lorsqu'actionnée, libère plusieurs vaches à la fois.

La stalle basse à chaîne est semblable à celle entravée à blocage collectif. Cette disposition donnant toutefois plus de liberté de mouvement à la vache, il est fortement recommandé d'utiliser des dresseurs électriques.

Beaucoup d'étables laitières disposent d'un garde-litière qui retient la litière sous le bétail; il importe d'y installer un conduit d'évacuation reliant la stalle aux caniveaux. On peut se procurer sur le marché des systèmes en acier inoxydable ou en métal galvanisé. Un tuyau galvanisé, une planche ou un madrier fixé à la bordure du caniveau, ou encore une languette en béton à même le plancher, feront tout aussi bien l'affaire. Le garde-litière prévient l'irritation du pis et les blessures imputables aux planchers en béton.

COULOIRS D'ALIMENTATION ET MANGEOIRES Un couloir d'alimentation combiné aux mangeoires se prête aux divers dispositifs d'alimentation disponibles, même permanents, y compris les chariots à fourrage manuels ou automatiques. Ce genre d'installation a en outre l'avantage de faciliter la construction de l'étable. En effet, la dénivellation entre les couloirs d'alimentation et de service étant très faible, il faut donc moins de coffrage et le temps consacré à la mise en place du béton, à l'aplanissement et à la finition des planchers s'en trouve sensiblement réduit.

Si l'exploitant opte pour des mangeoires et un couloir d'alimentation distincts, la mangeoire aura au moins de 50 à 60 cm de largeur et de 10 à 20 cm de profondeur et le couloir, un minimum de 1,2 m de largeur. Avec un mangeoire de 60 cm de largeur, le couloir d'alimentation et la mangeoire occuperont une largeur d'au moins 1,8 m dans les étables à disposition dorsale et un minimum de 2,4 m dans celles à disposition faciale. Un couloir d'alimentation conjugué aux mangeoires nécessite 1,8 m de largeur dans les étables à disposition dorsale, mais seulement 2,1 m dans celles à disposition faciale. En plus de faciliter les nettoyages, la combinaison du couloir et des mangeoires donne plus d'espace pour manoeuvrer les chariots d'alimentation manuels ou automatiques. Il ne faut probablement pas plus de temps pour nourrir les animaux avec ce système que si le couloir d'alimentation et les mangeoires étaient distincts.

COULOIRS TRANSVERSAUX Ils doivent se trouver à l'extrémité de chaque rangée de vaches, permettant la circulation autour de l'étable, peu importe le type de disposition. La présence de couloirs transversaux additionnels dans les rangées de 24 stalles ou plus évite de nombreux pas inutiles. Ils ont un minimum de 1,3 m de largeur et sont en pente entre l'allée de service et le couloir d'alimentation. Si les vaches entrent et sortent par les couloirs transversaux, ils auront au moins de 1,5 m de largeur et seront le plus possible au même niveau que le couloir de service; la porte donnant sur l'extérieur aura dans ce cas au moins la même largeur. Les planchers en béton ne doivent pas être trop lisses; il est préférable de leur donner un fini raclé ou encore d'y imprimer des rainures avec une bouveteuse.

Les couloirs de service et les caniveaux dans les étables neuves à disposition dorsale auront ensemble au moins 2,7 m de largeur. On peut dès lors faire varier la largeur des caniveaux en fonction du système d'évacuation à fumier solide ou à lisier. Avec un système d'évacuation à fumier solide, le couloir de service aura un minimum de 1,5 m de largeur, contre 1,2 m pour les systèmes à lisier. Les couloirs de service auront également une pente d'environ 25 mm pour assurer l'écoulement du lisier dans les caniveaux. Les surfaces bétonnées des couloirs doivent avoir un fini raclé ou rainuré, ce qui empêchera les vaches de glisser et de se blesser. Évitez d'incliner les couloirs transversaux que les vaches pourraient avoir à traverser. Il est nettement préférable de construire des marches de 75 à 175 mm de hauteur; elles sont beaucoup plus sécuritaires pour les vaches, mais constituent un inconvénient pour les brouettes et les chariots.

PENTE DU PLANCHER Le plancher de l'étable aura la même dénivellation vers la laiterie que les canalisations de traite, soit normalement un minimum de 1:80. Cet arrangement permet de mettre les canalisations à une hauteur uniforme, ce qui les rend d'un accès facile. On diminue ainsi la hauteur à laquelle le lait doit être refoulé, d'où un vide plus stable au niveau des gobelets trayeurs et moins de dangers de mammite. En outre, plus le lactoduc est bas, moins le lait risque de devenir rance. Si la laiterie se trouve à l'extrémité d'une étable particulièrement longue, il conviendra de mettre tout le bâtiment en pente (plancher, armature et canalisations).

CASES DE VÊLAGE ET DE TRAITEMENT Le nombre de cases dans les étables laitières doit être fonction de la taille du troupeau. Pour des raisons de santé, ne jamais loger des veaux de moins de 6 mois avec des adultes. Après 6 mois et jusqu'à la parturition, on peut loger plus facilement et plus économiquement les veaux et les génisses dans des locaux adjacents.

Les cases ou stalles de vêlage éliminent le déplacement des vaches gravides juste avant la mise bas. Normalement, une case pour environ 20 vaches laitières suffira. Les stalles de mise bas ou de vêlage deviennent par ailleurs de plus en plus populaires, permettant d'isoler la vache pendant le vêlage. On amène ensuite la vache et le nouveau-né dans une case où ils resteront jusqu'à ce que le veau ait reçu le colostrum de sa mère. Pour les Holstein, la stalle de vêlage aura de 1,3 à 1,5 m de largeur. Elle n'aura pas de caniveau à l'arrière, mais sera dotée d'une petite marche d'environ 50 mm de hauteur pour assurer le drainage. Les stalles se prêtent mieux que les cases au traitement des vaches pendant la parturition et occupent moins d'espace.

On songera peut-être à installer des cases additionnelles pour le traitement des sujets malades ou âgés, ou des bêtes primées qui ont des problèmes de pattes et de pieds. Normalement on peut compter une case additionnelle de 9 m^2 pour chaque groupe de 20 vaches laitières.

3. CONSTRUCTION D'UNE ÉTABLE CALORIFUGÉE

Puisque les stalles entravées restreignent les mouvements des vaches contrairement aux logettes, il faut s'efforcer de créer un environnement confortable dans l'étable. Dans la plupart des régions du Canada, il s'agit donc d'isoler le bâtiment et de le doter de systèmes de ventilation et, au besoin, de chauffage d'appoint.

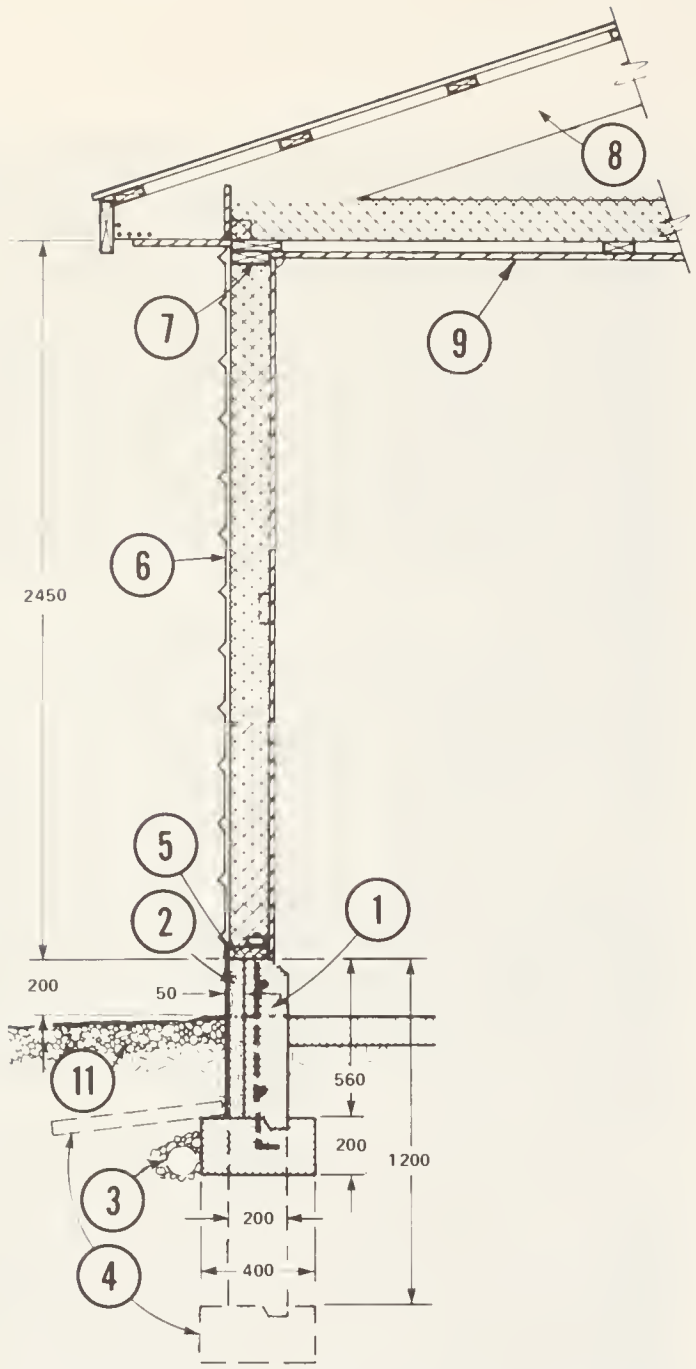
La construction d'étables laitières à un seul étage est normalement la plus recommandée. Elles rendent possible l'utilisation de fermes de toit à travée libre pour supporter le toit et le plafond. On a ainsi un plafond lisse, non poussiéreux, sans poutre ni poteau de support susceptible de nuire à la ventilation ou à toute modification ultérieure des lieux. Il est plus économique de construire une étable dotée d'un toit à ferme et dépourvue de grenier qu'une étable munie d'une surface de stockage à l'étage supérieur. Le foin et la litière doivent cependant être conservés dans un bâtiment adjacent. Dans certains cas, la vieille étable, transformée, pourra servir à l'entreposage de ces produits, du sol au plafond. Dans les autres cas, on devra construire à proximité une étable à poteaux avec stockage au niveau du sol. Bien qu'un couloir abrité reliant le fenil à l'étable laitière soit pratique, il est préférable, par souci de sécurité, de placer un coupe-feu ou de laisser un espace libre entre les deux. Il faut alors installer une porte ignifuge à l'entrée du couloir menant à l'étable. Une autre solution consiste à annexer à l'étable une aire couverte suffisamment grande pour recevoir une remorque de ferme, véhicule qui sert à transporter le fourrage et le matériel de litière de l'entrepôt à l'étable.

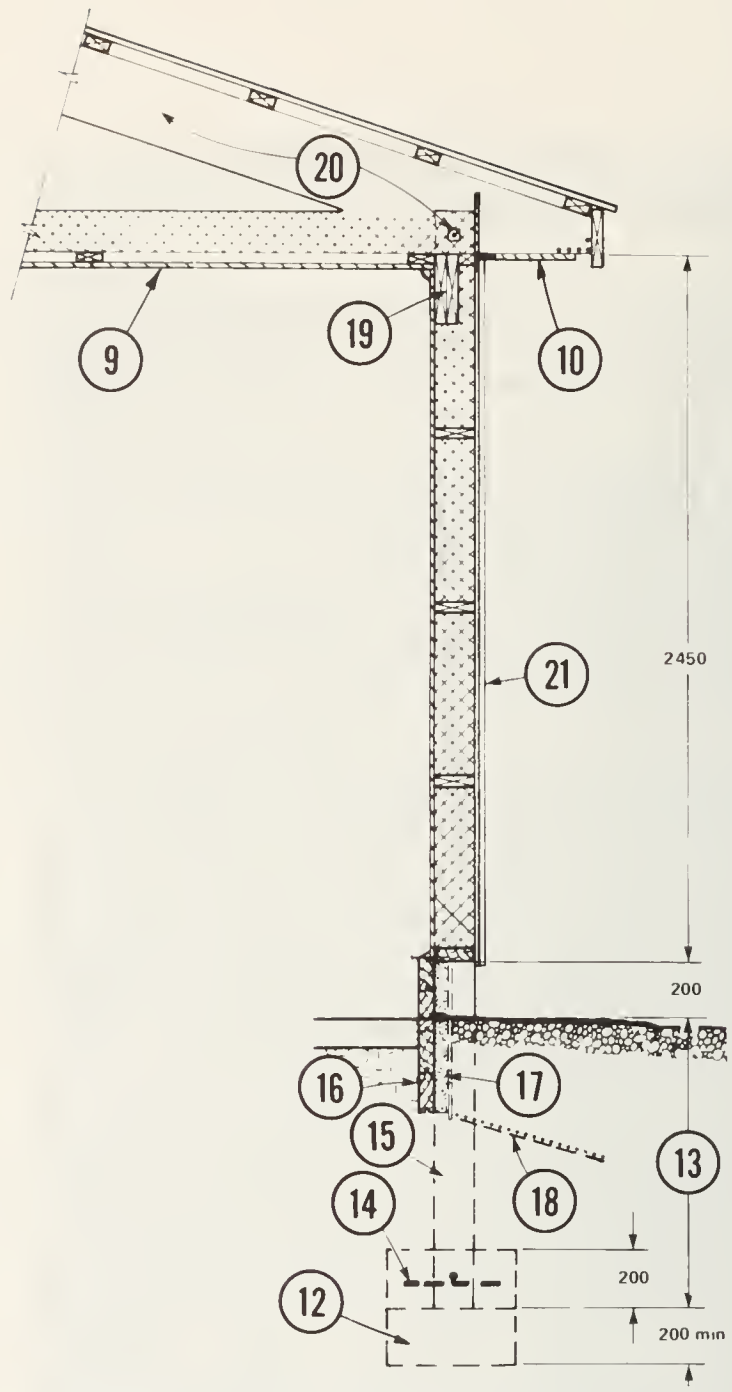
La figure 8 illustre une coupe transversale d'un mur calorifugé, type à charpente à colombages de 38 sur 140 mm reposant sur un plancher de béton. Jusqu'à récemment, on recommandait l'utilisation de laine minérale RSI 2.1 ou d'un matelas isolant à friction en fibre de verre pour le calorifugeage des murs, et de laine minérale RSI 3.5 pour le plafond. Mais étant donné l'augmentation des coûts de l'énergie, il est approprié d'accroître l'épaisseur de l'isolant. On recommande l'utilisation de panneaux de polystyrène pour le calorifugeage du périmètre des fondations. Ce panneau aura 50 mm d'épaisseur dans les climats tempérés et 75 dans les régions septentrionnales. Fixer le polystyrène sur la face intérieure de la paroi extérieure du coffrage à béton à l'aide de clous de finition, avant le coulage. Lors de l'enlèvement du coffrage, les clous de finition s'arrachent de l'isolant et le laissent bien fixé au béton. Il reste à finir soigneusement l'extérieur du bâtiment avec des plaques d'amiante-ciment recomprimées à forte densité au niveau des fondations, ce qui constitue une excellente protection contre les rongeurs, et des panneaux de recouvrement métalliques au-dessus de ce niveau.

Le contreplaqué de revêtement extérieur à forte densité est un excellent matériau de recouvrement intérieur. En plus de raffermir l'extrémité des murs et des plafonds, il résiste à un nettoyage répété. Tous les clous utilisés pour fixer les matériaux de finition intérieure et extérieure doivent avoir été galvanisés à chaud; cette précaution entraîne des dépenses supplémentaires qui seront rentabilisées par la durabilité accrue du bâtiment et son apparence. Pour le calfeutrage, utiliser un élastomère ou un mélange à joint de caoutchouc synthétique de première qualité pour les joints des panneaux, surtout au niveau des fondations.

La figure 9 expose les détails de construction d'un mur à charpente à poteaux. Les panneaux de bois embouvetés traités par pression remplacent adéquatement les fondations en béton et l'isolant rigide décrits précédemment pour les murs à charpente à colombages. Il peut s'avérer utile d'ajouter un pare-rongeurs qui empêchera les rats de creuser des galeries sous le bâtiment. Une bande métallique fixée au mur et atteignant une profondeur d'environ 500 mm sous le bâtiment fera l'affaire. Peu importe le type de construction, il faut garder les abords exempts de hautes herbes, de piles de bois et de déchets susceptibles d'abriter les rats et les souris.

En plus d'un bon parement, les bâtiments doivent être dotés d'une charpente assez forte pour résister au vent, à la neige et aux fortes pluies. Les figures 8 et 9 exposent des détails de construction importants tirés de plans complets préparés par le Service des plans du Canada. Avant d'entamer la construction d'un nouveau bâtiment, procurez-vous les plans complets que vous pourrez modifier en fonction du climat de votre région; il suffit de s'adresser aux agents de vulgarisation du bureau local du ministère de l'Agriculture.





1. fondation de béton, boulons d'ancrage espacés de 1200 mm entre axes, 2 barres d'armature continues horizontales
2. isolant de polystyrène rigide (Dow SM ou l'équivalent), percer et clouer des plaques d'amiante (5 mm) recomprimées à forte densité sur la lisse, couvertes par le revêtement extérieur
3. drain facultatif de 100 mm, couvrir de gros gravier
4. dans les régions où le sol gèle en profondeur, ajouter un isolant horizontal sur du sable compacté ou utiliser des semelles plus profondes
5. lisse de 38 × 140 mm, traitée par pression
6. mur extérieur: revêtement extérieur; coupe-vent d'asphalte; colombages de 38 × 140 mm espacés de 600 mm entre axes; isolant à friction RSI 3.5; pare-vapeur de polyéthylène de 0,15 micron, panneaux de 9,5 mm de contreplaqué de revêtement extérieur avec fil du pli apparent horizontal
7. sablières de 38 × 140 mm et de 38 × 184 mm
8. fermes, pannes et couverture en fonction de la charge de neige pour la région, fixer les fermes au mur avec des ancres de charpente d'acier galvanisé
9. plafond calorifigé: contreplaqué de revêtement extérieur de 7,5 mm perpendiculaire aux fermes, joints d'extrémité décalés, pare-vapeur de polyéthylène de 0,15 micron, isolant à friction (laine minérale RSI 3.5), consulter les plans individuels du SPC traitant des rubans métalliques, du calage et du clouage
10. sous-face de 18,5 mm d'épaisseur, ventilation continue de 50 mm avec grillage aviaire galvanisé
11. gros gravier de 900 mm de largeur × 100 mm de profondeur, ou ajouter une gouttière
12. semelle de béton sous poteaux, augmenter le diamètre pour les bâtiments à portée plus large ou pour les sols plus mous

Figure 8 Murs calorifugés à charpente à colombages.

13. semelle plus profonde que la limite de gel ou au moins 800 mm
14. bloc d'ancrage en béton, passer deux barres d'armature 15M × 400 mm de part en part des poteaux ou y fixer 8 crampons de 150 mm, couler le béton autour de la base des poteaux après leur positionnement
15. poteaux de 89 ou 140 × 140 mm traités par pression espacés de 2400 mm entre axes; voir le fascicule M-9311 pour les exigences de résistance au vent et au poids de la neige
16. planches assemblées par rainure et languette et traitées par pression de 38 mm d'épaisseur, joints décalés
17. isolant facultatif de polystyrène rigide de 50 mm, recouvrir entre les poteaux de plaques d'amiante-ciment de 5 mm recomprimées à forte densité; les planches doivent être traitées selon les normes de l'ACC ou de l'ACA car des traitements différents utilisant des solvants à base de pétrole dissoudraient le polystyrène
18. protection facultative contre les rongeurs, toile métallique galvanisée de 12 × 12 mm
19. 2 sablières de 38 mm, (consulter le fascicule M-9312 qui donne les détails concernant les joints et les limites de sécurité des charges sur les toits
20. fermes pouvant supporter la charge de neige prévue dans la région, assembler les fermes aux poteaux avec des boulons M12 et des rondelles; fermes intermédiaires fixées à la sablière par des ancres de charpente galvanisées
21. mur extérieur: revêtement extérieur; coupe-vent en feutre asphalté; éléments horizontaux de 38 × 140 mm espacés de 600 mm entre axes, élément du bas traité par pression; isolant à friction RSI 3.5; pare-vapeur de polyéthylène de 0,15 micron; contreplaqué de revêtement extérieur de 9.5 mm, avec le fil du pli apparent dans le sens vertical

Figure 9 Murs calorifugés à charpente à poteaux.

Détails de construction des prises d'air encastrées

Nous avons décrit plus tôt les principes de ventilation d'une étable laitière. Certains types de prise d'air sont plus faciles à incorporer à la charpente du bâtiment au moment de sa construction. Voici quelques précisions:

La figure 10 (tirée du dépliant M-9712 du SPC) montre comment construire une prise d'air murale réglable (voir photo, figure 11). Les panneaux isolants en polystyrène sont peu coûteux et constituent d'excellents clapets. Ils ne se tordent pas et ne retiennent pas l'humidité. Assurez-vous d'utiliser les panneaux extrudés, à forte densité (Dow SM, ou l'équivalent). Bien que plus chers que ceux à moulure, ces panneaux sont plus rigides et plus durables.

Le volume d'air passant par la prise d'air est fonction de la capacité des ventilateurs refoulants, mais la vitesse d'écoulement dépend autant de la capacité du ventilateur que de l'ouverture de la prise d'air. Ajustez l'ouverture pour assurer un débit d'au moins 4 m/s.

Le système à deux câbles est plus pratique que celui à un seul pour pousser l'air le long des murs en été; il est cependant un peu plus difficile à installer et à régler initialement. Il est également moins hermétique, ce qui constitue un inconvénient par temps froid.

L'utilisation de cornières en tôle pour exercer un meilleur réglage des déflecteurs représente une innovation technique minime mais efficace par rapport aux prises d'air de conception antérieure. Ces cornières assurent une ouverture plus uniforme sur toute la longueur des déflecteurs.

Les poulies et câbles marins conviennent parfaitement à ce type d'arrangement et on peut se les procurer facilement. Un treuil à bateau est également recommandé, non pas pour faciliter les manoeuvres, puisque les déflecteurs sont légers, mais pour en assurer un réglage plus précis. Ce système est nettement supérieur aux dispositifs avec chaîne et clou.

La figure 12 illustre la prise d'air centrale du plafond qui reçoit l'air frais provenant d'un conduit isolé construit dans la mansarde et s'appuyant sur les fermes du plafond. Réglable, ce dispositif peut assurer une circulaton de l'air dans les deux sens à travers le plafond, à la verticale vers le bas ou selon une combinaison des deux. À l'instar de la prise d'air murale, le volume d'air admis est fonction de la capacité des ventilateurs refoulants, mais le débit dépend tant de la capacité du ventilateur que de la grandeur d'ouverture. Ajuster l'ouverture de façon à assurer un débit d'au moins 4 m/s.

En desserrant les écrous papillons et en séparant manuellement les sections des déflecteurs, on permet à l'air de s'écouler de haut en bas, ce qui facilite la climatisation du bâtiment par temps chaud.

Tout comme la prise d'air murale, les poulies et câbles marins, avec un treuil, assureront un réglage précis de l'ouverture.

Planchers

Tous les planchers de béton doivent avoir une assise solide qui ne s'affaissera pas. S'il faut faire du remplissage, utiliser du sable ou du gravier qui se compacte facilement. La terre de remplissage étant moins dispendieuse que le béton, on recommande d'en mettre plus et de la compacter davantage pour ensuite réduire l'épaisseur du béton à 10 cm. S'il s'agit de béton prémélangé, exiger une résistance d'au moins 20, de préférence 30, mégapascals (MPa).

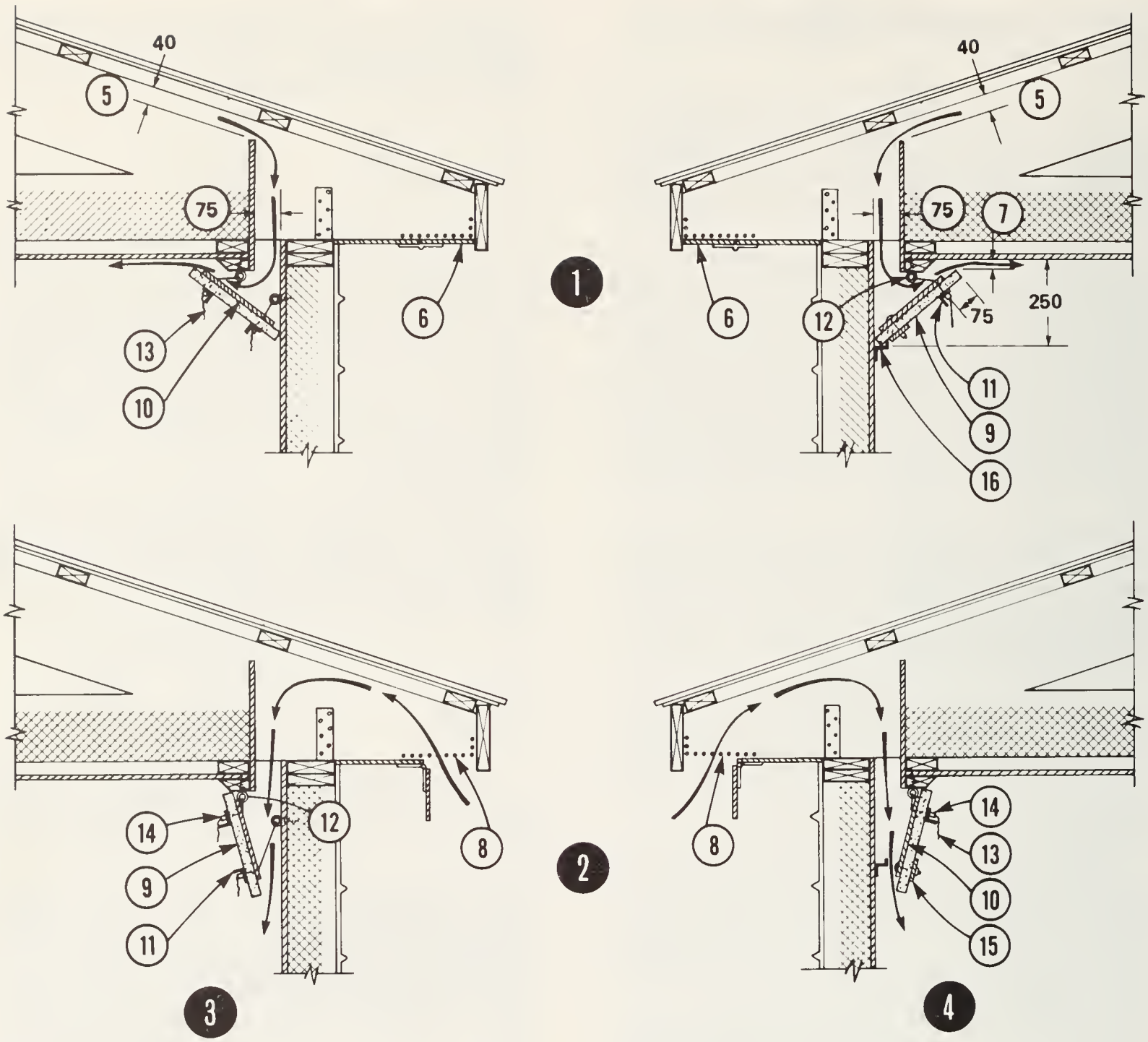
Dans les endroits où circule le bétail, le béton doit être fini avec un plateau de bois. Dans les couloirs d'alimentation, les mangeoires et les caniveaux, il convient d'utiliser la truelle pour donner au béton un fini uni.

Peinture

En plus d'enjoliver les bâtiments de ferme, la peinture en protège l'intérieur et l'extérieur. Il existe deux principaux types de peinture: à l'eau et à l'huile.

Les peintures à l'eau comptent les latex (acrylique ou acétates de polyvinyle) et les émulsions renfermant de l'huile de lin ou de la résine alkyde. Les latex sont particulièrement populaires parce qu'ils sont faciles d'application, sèchent rapidement, dégagent très peu d'odeur et se nettoient facilement. Les peintures latex acryliques conviennent bien au bois et au métal galvanisé à l'extérieur et résistent bien aux intempéries, sauf dans les conditions extrêmes. Elles sont offertes dans tous les coloris et ont belle apparence.

Les peintures à l'huile renferment des pigments et des liants comme l'huile, le vernis ou la résine. Les peintures conventionnelles d'extérieur pour la maison et l'étable renferment de l'huile de lin comme liant, tandis que celles donnant un revêtement plus dur (comme les émaux pour métal) renferment de la résine alkyde. L'émail alkyde lustré résiste très bien à l'eau, résiste parfois à la moisissure, se lave facilement à l'eau, adhère parfaitement au bois et au métal traités et convient normalement très bien aux surfaces intérieures des étables.



1 Position normale

2 Position d'urgence par temps chaud

3 Système à deux câbles

4 Système à un câble

5 Ventilation d'hiver par le comble

6 Trappes à charnières fermées en hiver

7 Réglage de l'ouverture, de 0 à 50 mm

8 Ouverture de ventilation grillagée de 150 mm, ouverte au printemps, en été et en automne

9 Panneaux de polystyrène extrudés à forte densité continus de 25 × 300 mm, couper un panneau de polystyrène de 600 mm en deux moitiés pour obtenir des déflecteurs de largeur uniforme et couper à une longueur de 2400 mm, percer à l'avance pour les boulons et 13

10 Bandes de contreplaqué de 100 × 250 espacées de 1200 mm entre axes, percer à l'avance et boulonner avec 9 et 11

11 Comières de tôle de 25 × 25 mm −0,40 mm, couper à 2400 mm avant flambage, percer à l'avance pour les boulons et 13 au centre et aux extrémités

12 Anneaux à vis plaqués, 1200 mm entre axes, un câble de commande marin d'acier recouvert de vinyle passe dans les anneaux à vis et aboutit aux commandes du treuil à une extrémité et à un ressort de rappel à l'autre extrémité

13 Fil de nylon solide (fil de maçon, par exemple) fixé au câble de commande par un connecteur électrique Marr no. 2, passe dans les anneaux à vis, les trous percés dans 9 10 et 11, tendre à l'aide d'un connecteur Marr 14

14 Connecteur électrique Marr no. 1 pour tendre le fil 13

15 Rondelle pour contreplaqué, percer à l'avance pour boulons

16 Barre continue de 0,40 mm en acier galvanisé pour former un rebord de 30 mm par rapport à la surface du mur, clouer au mur et calfater à l'arrière
OU
Baguette de bois continue de 38 × 89 mm biseautée pour former un angle d'environ 60° avec la surface du mur

Figure 10 Prise d'air murale réglable.

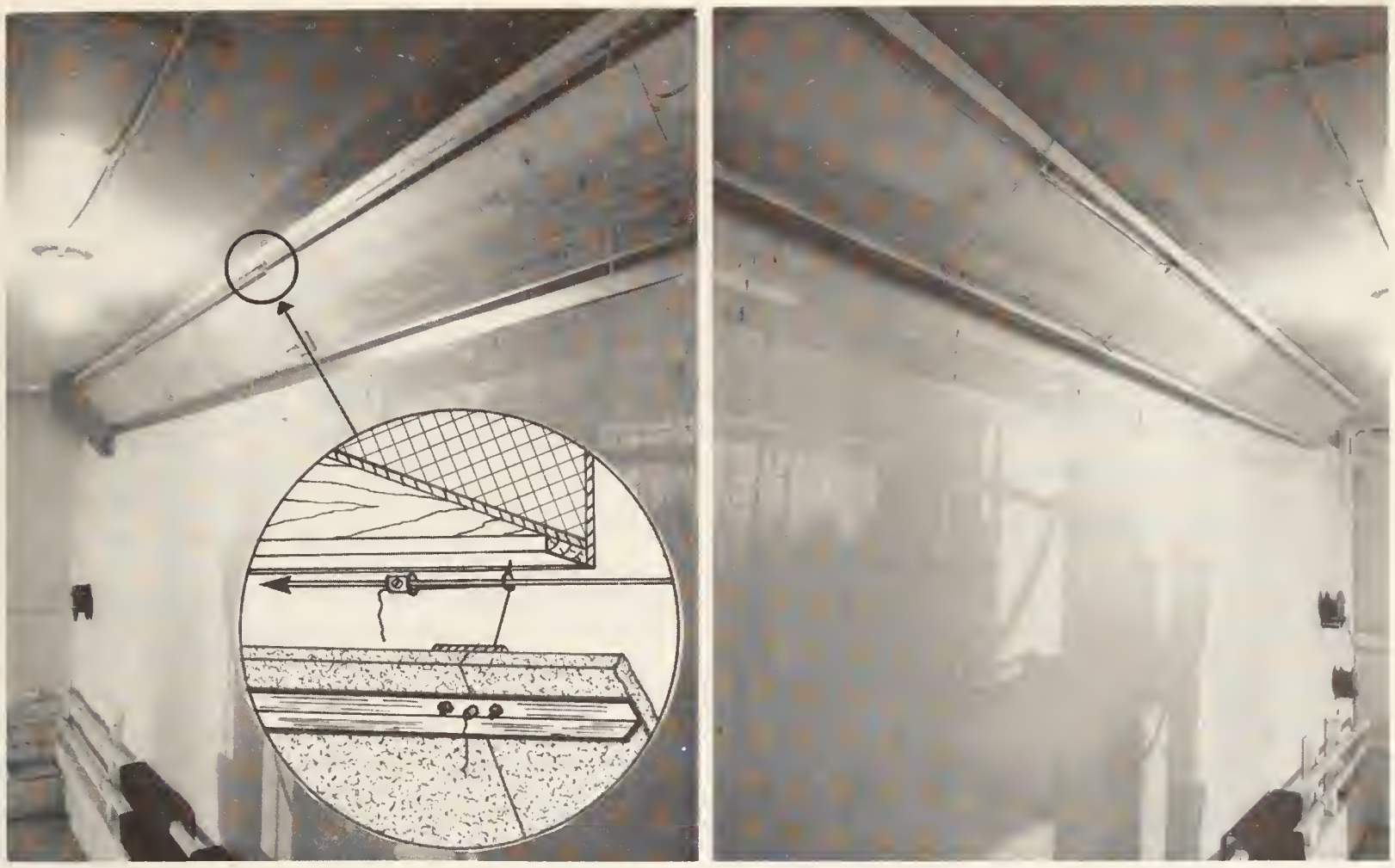
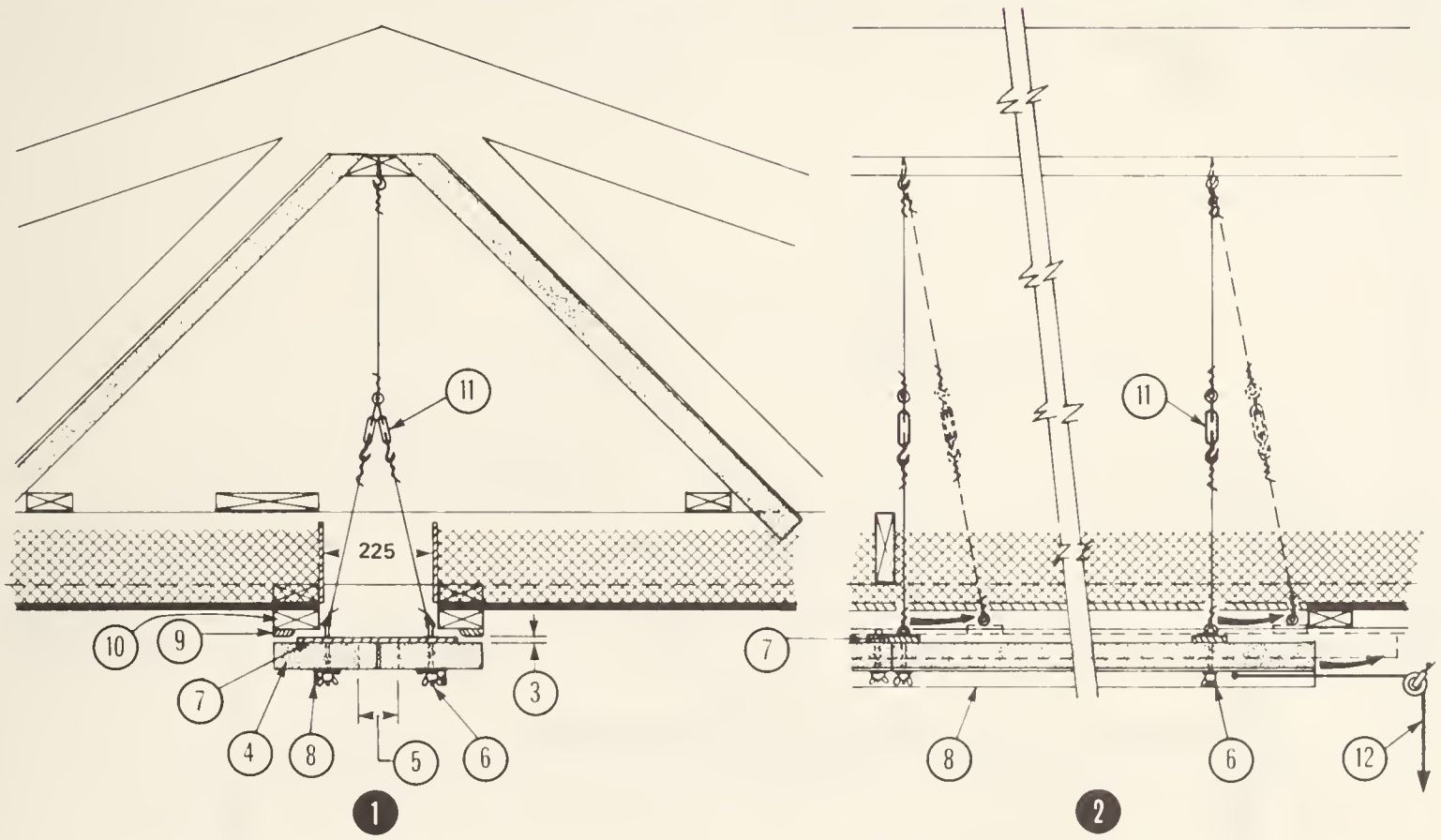


Figure 11 Photo d'une prise d'air murale réglable.



1. COUPE TRANSVERSALE DE LA GAINE CALORIFUGÉE ET DU COMBLE
2. COUPE LONGITUDINALE À L'EXTRÉMITÉ DE COMMANDE DE LA PRISE D'AIR
3. OUVERTURE DU PLAFOND, RÉGLABLE DE 0 à 50 mm
4. PANNEAUX DE 38 × 200 × 2400 mm DE POLYSTYRÈNE EXTRUDÉ À FORTE DENSITÉ
5. OUVERTURE FACULTATIVE, RÉGLABLE DE 0 à 50 mm POUR VENTILATION VERS LE BAS POUR LES CHAUDES JOURNÉES D'ÉTÉ;
6. BOULONS À OEIL PLAQUÉS À 1200 mm ENTRE AXES, RONDELLES, ÉCROUS À OREILLES, FIL DE SUSPENSION GALVANISÉ
7. PLAQUES DE CONTRE-PLAQUÉ DE 9 × 75 × 267 mm ESPACÉES DE 1200 mm ENTRE AXES, PERCÉES POUR 6
8. CORNIÈRES D'ACIER GALVANISÉ 0,4 × 25 × 25 mm DE 1200 mm DE LONGUEUR POUR RENFORCER, PERCER AU CENTRE ET A 25 mm DES EXTRÉMITÉS POUR 6 ET 7
9. MOULURE DE BUTÉE, TOUT LE TOUR
10. JOINTS DOUBLES DE 38 × 89 × 4800 mm DÉCALLÉS, 2400 mm ENTRE AXES
11. FIL ET TENDEURS DE 5 mm, AJUSTER POUR OBTENIR UNE OUVERTURE UNIFORME TOUT LE TOUR
12. POULIE ET CORDE DE COMMANDE RELIÉE AUX DISPOSITIFS DE COMMANDE DU TREUIL DE BATEAU

Figure 12 Prise d'air centrale, réglable, au plafond.

4. VENTILATION

Tant qu'il ne survient pas de problèmes avec les animaux ou le bâtiment, on n'est généralement peu sensibilisé à l'importance d'un bon système de ventilation. Le présent chapitre est donc consacré aux différents environnements souhaitables à l'intérieur d'une étable à stabulation entravée ainsi qu'aux moyens à prendre pour créer de telles conditions.

Les bovins laitiers adultes, comme en fait foi la figure 13, dégagent de la chaleur (parfois appelée chaleur sensible, semblable à celle produite par une chaufferette électrique) qui contribue au chauffage de l'étable. Par leur respiration, ils exhalent également de la vapeur d'eau qui se répand dans l'ensemble du bâtiment. S'ajoute à cela l'eau qui s'évapore des abreuvoirs et des caniveaux. L'étude la plus fréquemment citée (Yeck et Stewart, 1959) pour déterminer la quantité d'humidité produite par les bovins laitiers adultes traite notamment des systèmes de stabulation entravée. Pour préserver la chaleur par temps froid, le taux de ventilation (principale source de déperdition thermique) doit être minimal; toutefois, il doit suffire à éliminer l'humidité produite par les animaux et à maintenir un état hygrométrique en deçà du maximum acceptable de 80 %.

Les animaux logés dans les étables chaudes (10°C) produisent la vapeur d'eau à un rythme d'environ 0,53 kg par vache de 500 kg/heure. Un kilogramme d'air froid à −30°C et 100 % d'humidité relative, ce qui corespond à des conditions extérieures hivernales types, renferme 0,3 g de vapeur d'eau. Si cette masse d'air est aspirée à l'intérieur de l'étable, puis mélangée et réchauffée jusqu'à 10°C, elle peut absorber 5,8 g d'humidité additionnelle avant d'atteindre une hygrométrie de 80 %. Par conséquent, pour avoir une humidité relative de moins de 80 % à l'intérieur, par temps froid, le taux minimum de ventilation par vache (500 kg) doit être de 0,53/0,0058 = 91,4 kg d'air/heure. Toutefois, les ventilateurs refoulants sont généralement classés en fonction de leur capacité de débit. À une température intérieure de 10°C, un kilogramme d'air occupe 810 L. Le taux de ventilation par vache devient donc le suivant: (91,4 kg/L × 810 L/kg)/3600 s/h = 21 l/s.

Ce taux de ventilation doit être considéré comme le minimum admissible pour empêcher l'accumulation d'une humidité supérieure à 80 % à l'intérieur, par temps froid. On tient ici pour acquis que ce taux de ventilation pourrait maintenir la température à l'intérieure de l'étable à 10°C; toutefois, la chaleur dégagée par les animaux ne suffit pas à compenser les déperditions thermiques imputables à la ventilation et aux vices de construction par temps très froid.

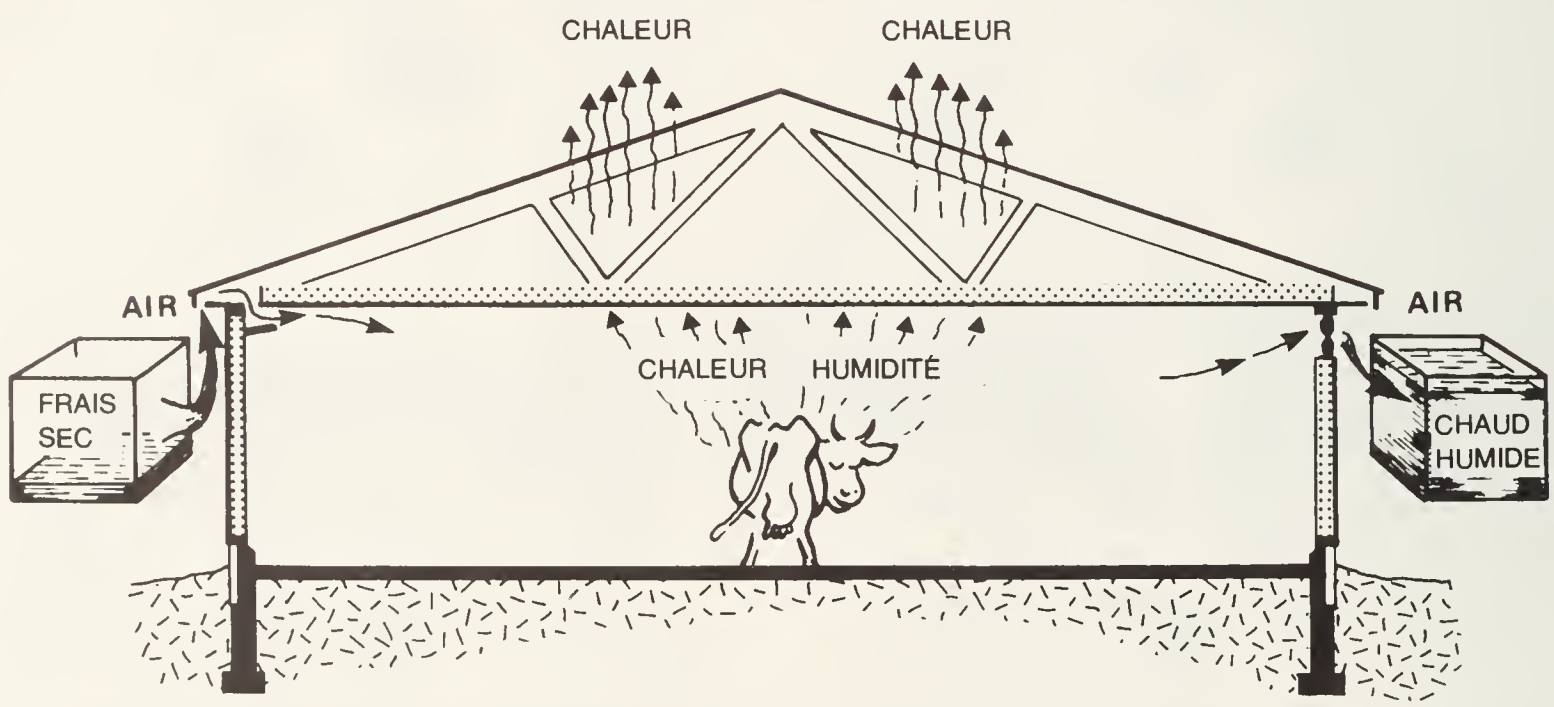


Figure 13 Production de chaleur et d'humidité.

Problème d'équilibre thermique

Comme le montre la figure 14, la perte de chaleur imputable à la ventilation est de 5 à 8 fois supérieure à celle découlant de la conduction à travers les murs et le plafond du bâtiment (l'isolation thermique des murs et du plafond étant de RSI-3.5). Au fur et à mesure que la température extérieure baisse, on atteint après un certain temps un seuil où l'apport de chaleur des vaches ne suffit pas à compenser les pertes du bâtiment et celles attribuables à la ventilation. Il s'agit là de la température critique (figure 14).

Le fonctionnement des ventilateurs est normalement régi par des thermostats qui réagissent aux fluctuations de la température intérieure. Lorsque la température extérieure est plus élevée que la température critique, le taux de ventilation nécessaire au maintien d'une certaine température intérieure suffit à tenir l'hygrométrie en deçà de la limite permise de 80 %. La figure 15 illustre, par deux courbes distinctes, le taux de ventilation permettant de garder l'hygrométrie en deçà de 80 % et le taux maximal qui maintiendra l'équilibre thermique. Ces courbes s'appliquent à une étable laitière à stabulation entravée typiquement bien calorifugée sans

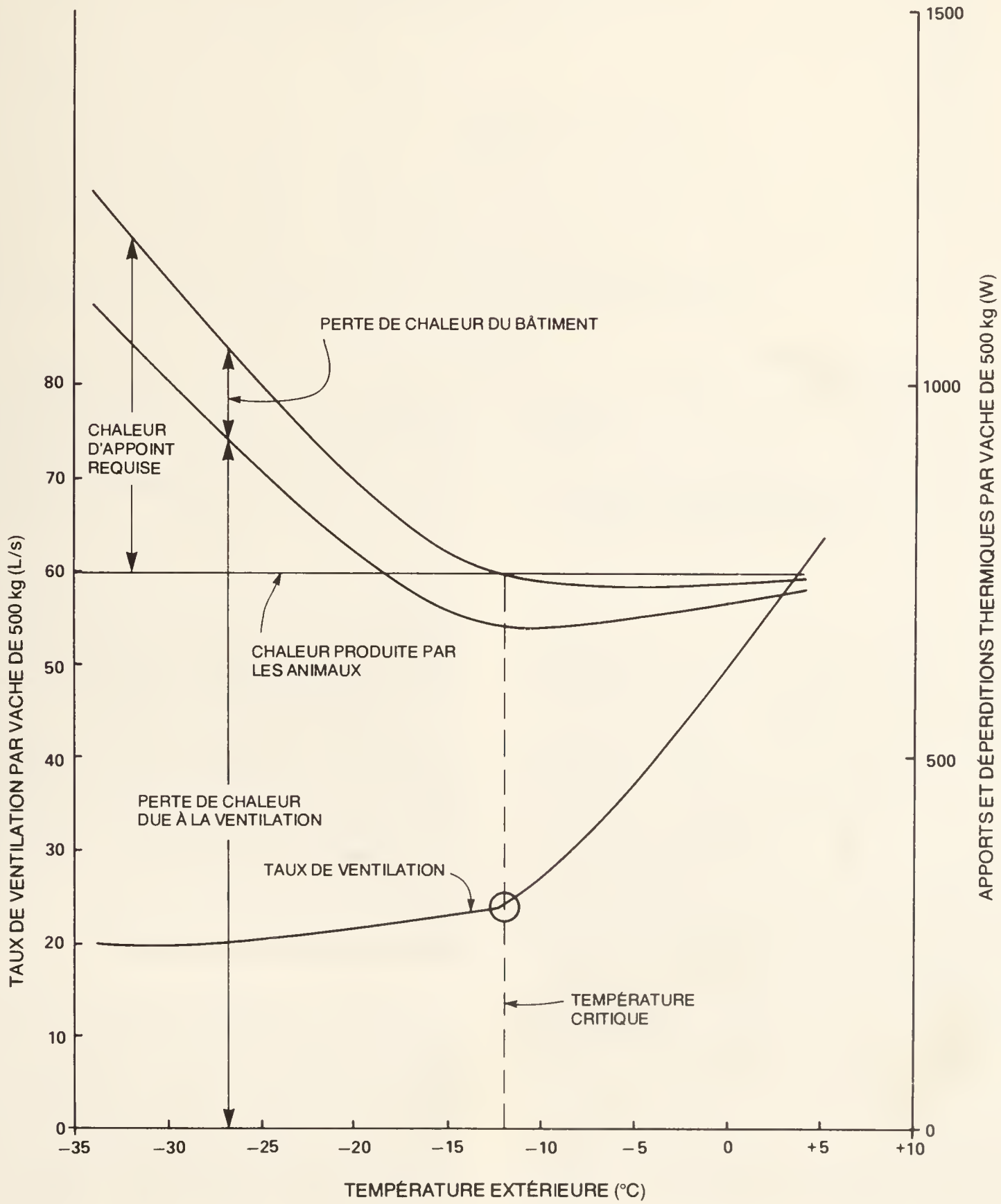


Figure 14 Gains et pertes thermiques, et chaleur supplémentaire requise pour maintenir la température intérieure à 10°C.

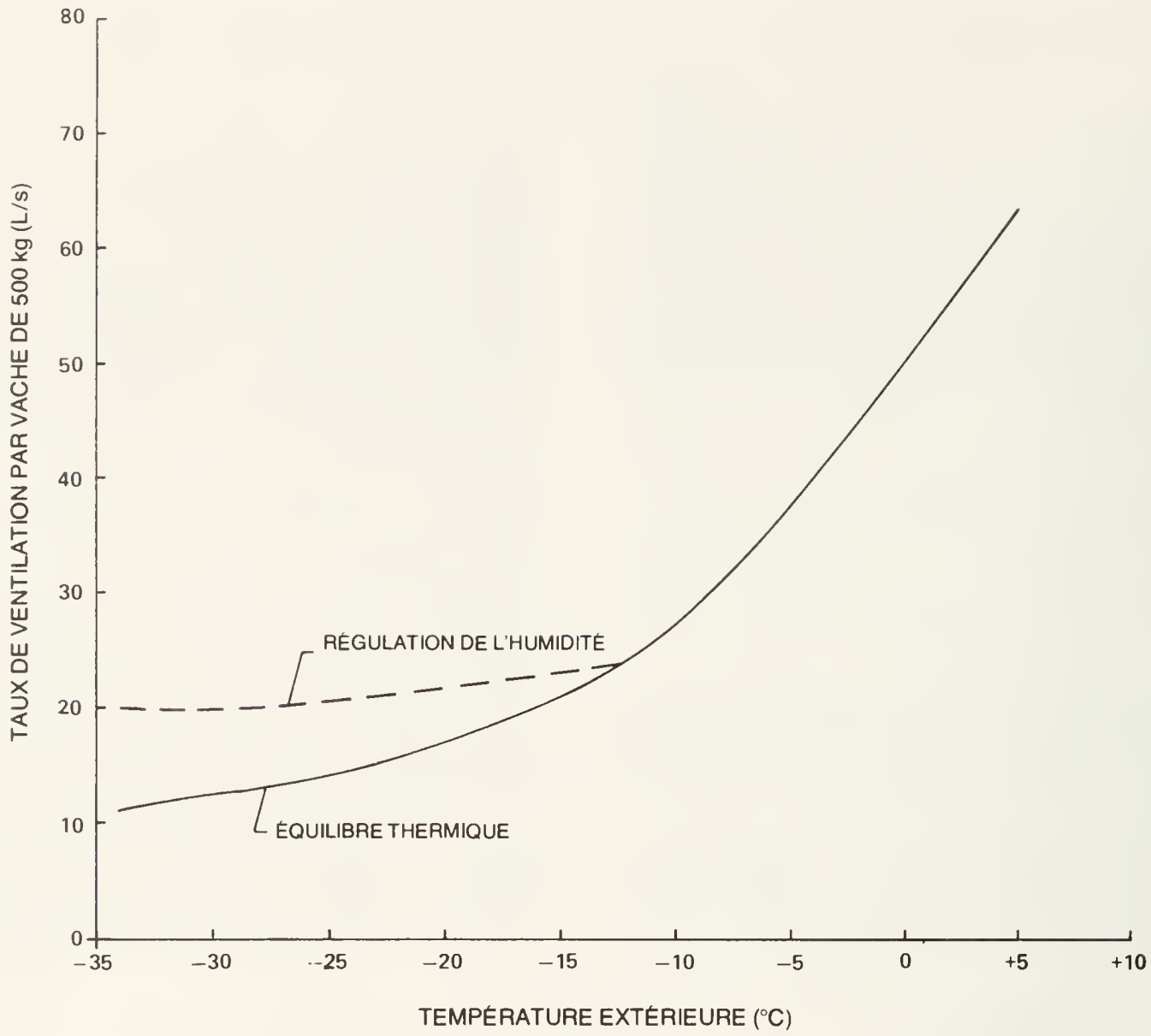


Figure 15 Taux de ventilation nécessaires à l'équilibre thermique et à la régularisation de l'humidité dans une étable à stabulation entravée.

source de chaleur d'appoint et où la température intérieure est de 10°C. Lorsque la température extérieure tombe en dessous de la température critique, le taux de ventilation nécessaire au maintien de la température intérieure recherchée ne permet pas de garder le taux d'humidité inférieur à 80 %. Il en découle que l'humidité s'accumule à l'intérieur et que de la condensation, voire une légère brume, se formera. Une telle situation, bien qu'indésirable, n'est pas très préjudiciable aux animaux si elle ne persiste pas. Toutefois, sur des périodes prolongées, elle peut occasionner chez les bovins des problèmes respiratoires et une détérioration accélérée du bâtiment.

Pour résoudre ce problème de déséquilibre thermique, il suffit d'ajouter de la chaleur; on réchauffe ainsi l'air additionnel nécessaire pour régulariser le taux humidité. Il importe donc de disposer d'un ventilateur suffisamment petit pour assurer le taux de ventilation le plus faible possible (étape 1). Ce taux doit être égal ou, de préférence, nettement inférieur à celui qui régularise le degré d'humidité à l'intérieur pendant l'hiver. De la sorte, le premier ventilateur doit fonctionner constamment, l'autre (étape 2) fonctionnant par alternance pour maintenir la température intérieure recherchée.

À défaut d'un apport thermique, on peut pallier au problème d'humidité excessive en abaissant la température intérieure. La figure 16 illustre comment varie l'état hygrométrique d'une étable laitière à stabulation entravée en fonction des fluctuations de température, sans apport de chaleur supplémentaire.

Commande des ventilateurs

La figure 14 révèle que dès que la température extérieure dépasse 0°C, le besoin de ventilation augmente grandement. Si, par temps froid, on n'utilise qu'un seul gros ventilateur à action intermittante, il fonctionnera probablement pendant moins de 10 % du temps. Par conséquent, il nécessitera une grande ouverture des prises d'air pendant son fonctionnement; cependant, lorsqu'il est arrêté, l'air peut entrer et sortir librement du bâtiment par les

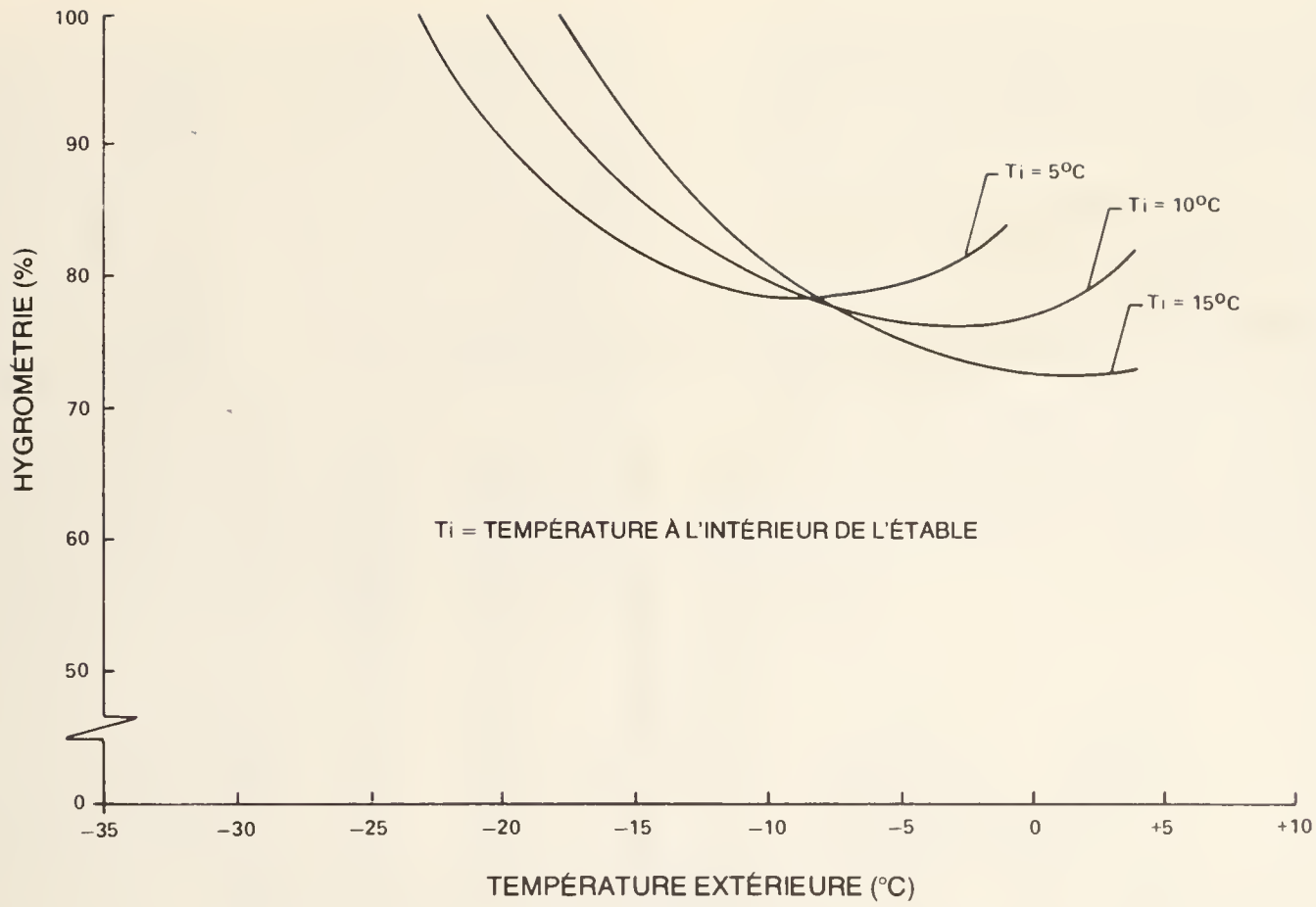


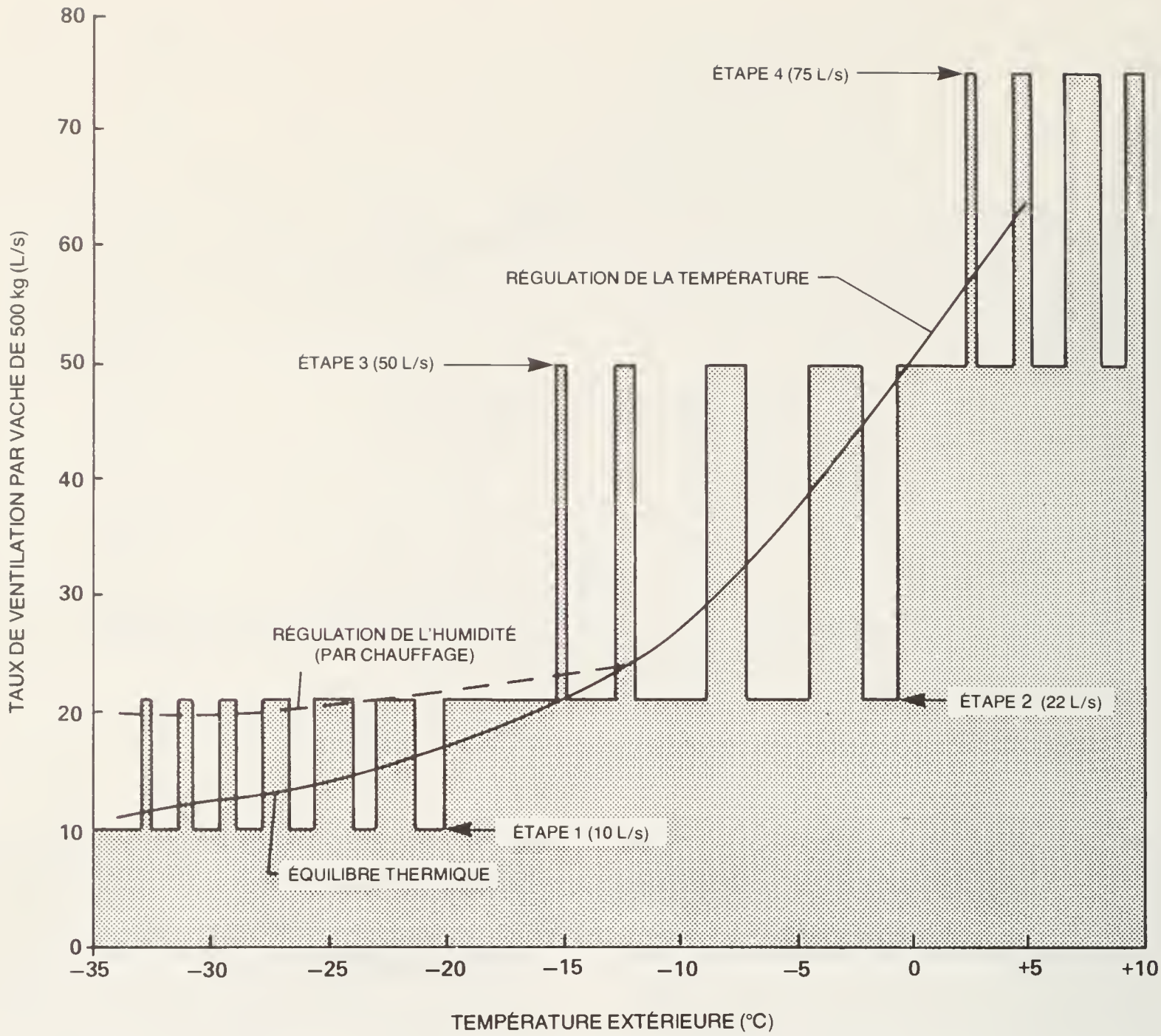
Figure 16 Hygrométrie par rapport à la température extérieure, sans apport thermique.

prises d'air, simplement sous l'effet des vents et de la gravité. Des masses importantes d'air froid peuvent alors s'infiltrer, causant des courants d'air et une mauvaise circulation d'air à l'intérieur. En hiver, l'air chaud chargé d'humidité peut être refoulé dans la mansarde via les prises d'air, lorsque le ventilateur ne fonctionne pas, puisque l'air chaud est plus léger que le froid. Le vent soufflant sur le côté où se trouve le ventilateur peut causer le même problème. Dans les deux cas, le refoulement d'air peut susciter de graves problèmes de condensation et de gel sous le toit. On peut néanmoins recourir à un meilleur système (figure 17). Il s'agit de quatre ventilateurs ou séries de ventilateurs, chacun commandé par un thermostat réglé de façon à fournir un taux de ventilation progressif qui donne la courbe de ventilation quasi idéale. Le diagramme supérieur expose les mêmes courbes de ventilation que la figure 15 pour la régularisation de l'humidité et l'équilibre thermique. Ce diagramme expose également, en superposition, les taux pratiques que l'on peut obtenir en choisissant soigneusement la taille des ventilateurs et en réglant adéquatement les thermostats.

Afin d'assurer une circulation d'air constante même par temps très froid, le débit du premier ventilateur (étape 1) doit être inférieur au taux minimal requis, soit de 10 L/s par vache. Les deux premiers taux de ventilation (étapes 1 et 2) peuvent être fournis par un ventilateur à deux vitesses qui fonctionne constamment à bas régime et qui passe à grande vitesse sur commande du thermostat. De même, on peut utiliser deux ventilateurs à une vitesse; cette option offre l'avantage qu'un des ventilateurs peut assumer le premier taux de ventilation advenant que l'autre fasse défaut. Le thermostat commandant le fonctionnement du deuxième ventilateur (étape 2) doit être réglé à environ 2°C au-dessus de la température minimale souhaitable à l'intérieur, tandis que celui de l'étape 3 devra être réglé à environ 5 degrés de plus. Le thermostat de l'étape 4 aura à son tour 5 degrés de plus que celui de l'étape précédente. Si l'exploitant ouvre les grandes portes et les fenêtres pour ventiler en été, l'étape 4 n'est plus nécessaire.

Pour éviter les déperditions thermiques, le chauffage d'appoint du bâtiment ne doit s'effectuer que pendant l'étape 1, et être interrompu dès que le taux de ventilation passe à l'étape suivante. À cette fin, on utilise un seul thermostat pour régir le chauffage et la ventilation d'étape 2.

Certains thermostats (comme le Honeywell T631A) disposent de deux séries de contacts et de trois bornes électriques (de type SPDT) permettant de les raccorder aux systèmes de chauffage et de climatisation. Normalement, ils réagissent à des écarts de température d'environ 2°C. On peut voir à la figure 17 comment le thermostat d'étape 2 maintient la température intérieure entre 10 et 12°C. Ce thermostat commande le fonctionnement du ventilateur d'étape 2 dès qu'il a interrompu le chauffage. Avec une ventilation accrue, sans chauffage, la température intérieure est abaissée jusqu'à ce que le thermostat arrête le ventilateur d'étape 2 et fasse repartir le chauffage. La température intérieure s'élève alors de nouveau et le cycle se répète.



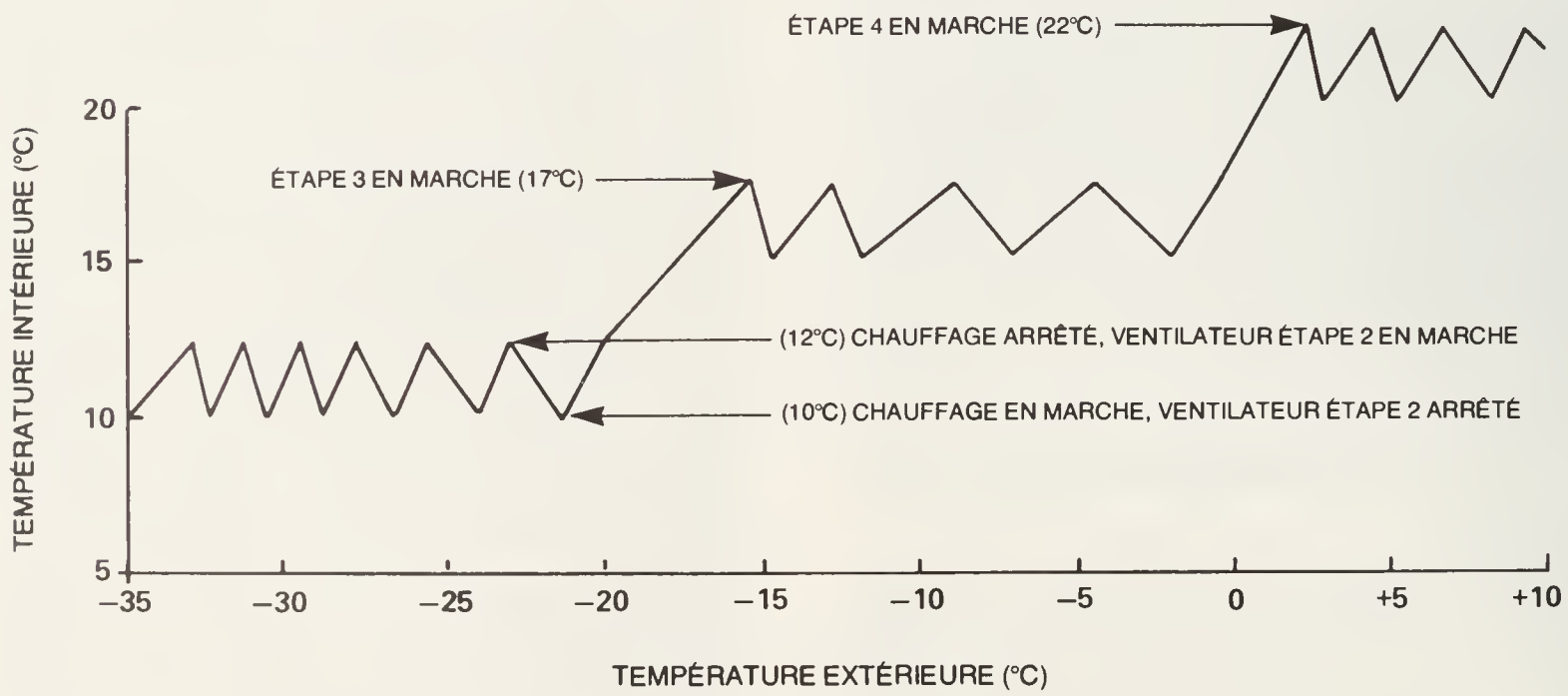


Figure 17 Ventilation progressive avec thermostats interdépendants.

La figure 18 illustre un système de ventilation progressive composé de plusieurs ventilateurs à une vitesse. Le premier ventilateur doit être suffisamment petit pour fonctionner constamment. Le thermostat (T_A) le commandant doit être réglé à une température nettement inférieure à celle recherchée pour l'intérieur mais au-dessus du point de congélation, puisqu'il constitue la bouée de sauvetage advenant que le système de chauffage fasse défaut ou encore que le bâtiment ne soit pas rempli d'animaux. On peut également raccorder le thermostat T_A à un avrtisseur sonore (de préférence à batterie) qui signalera une baisse indue de température advenant une panne d'électricité ou du système de chauffage. Pour commander le ventilateur d'étape 2 (normalement de 0,12 à 0,25/kW), on peut utiliser les thermostats courants mais le chauffage, s'il est électrique, nécessite l'installation de relais. La tension électrique (voltage) de la bobine de relais du système de chauffage doit être la même que la tension combinée du circuit du ventilateur d'étape 2 (115 ou 230 V).

La figure 19 illustre un système de ventilation progressive où les étapes 1 et 2 sont assurées par un ventilateur à deux vitesses. Ce système est pratique dans les petits bâtiments où les plus petits ventilateurs du commerce (1725 tours/minute) ont un débit trop élevé pour l'étape 1. L'utilisation d'un moteur à deux vitesses (850/1725 tours/minute, par exemple) peut abaisser le premier taux de ventilation à environ la moitié de celui de l'étape 2. Cette solution offre également l'avantage de réduire le nombre de pièces (ventilateurs, thermostats, etc.) à acheter.

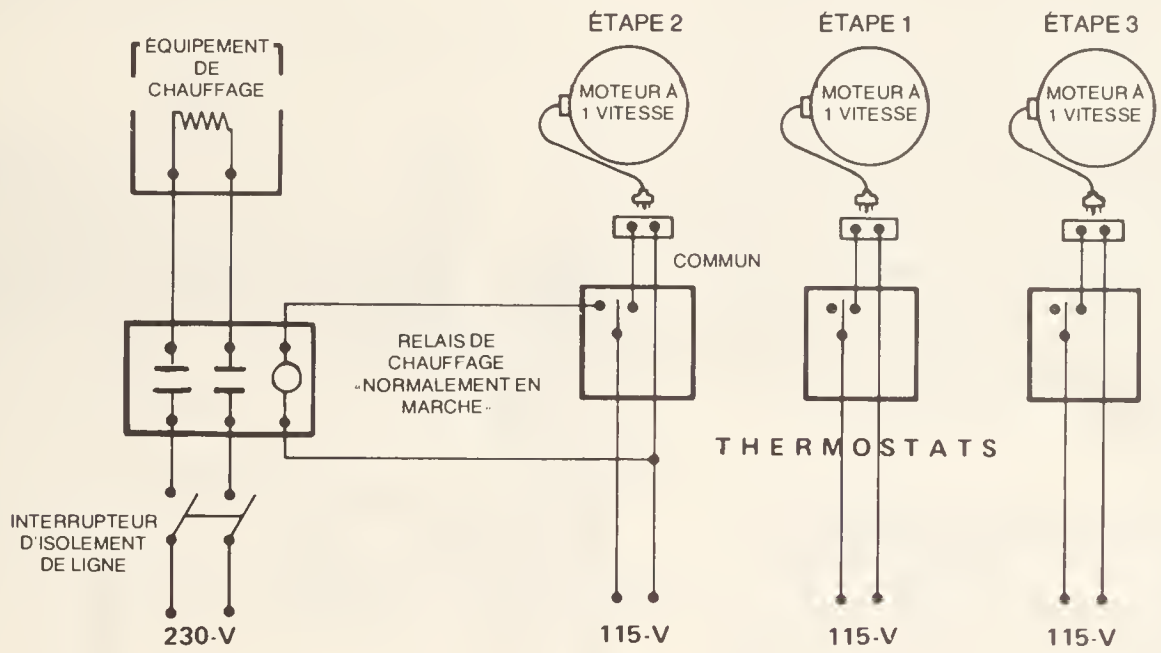


Figure 18 Diagramme de commande d'un système de ventilation composé de ventilateurs à vitesse unique (étape 4 exclue).

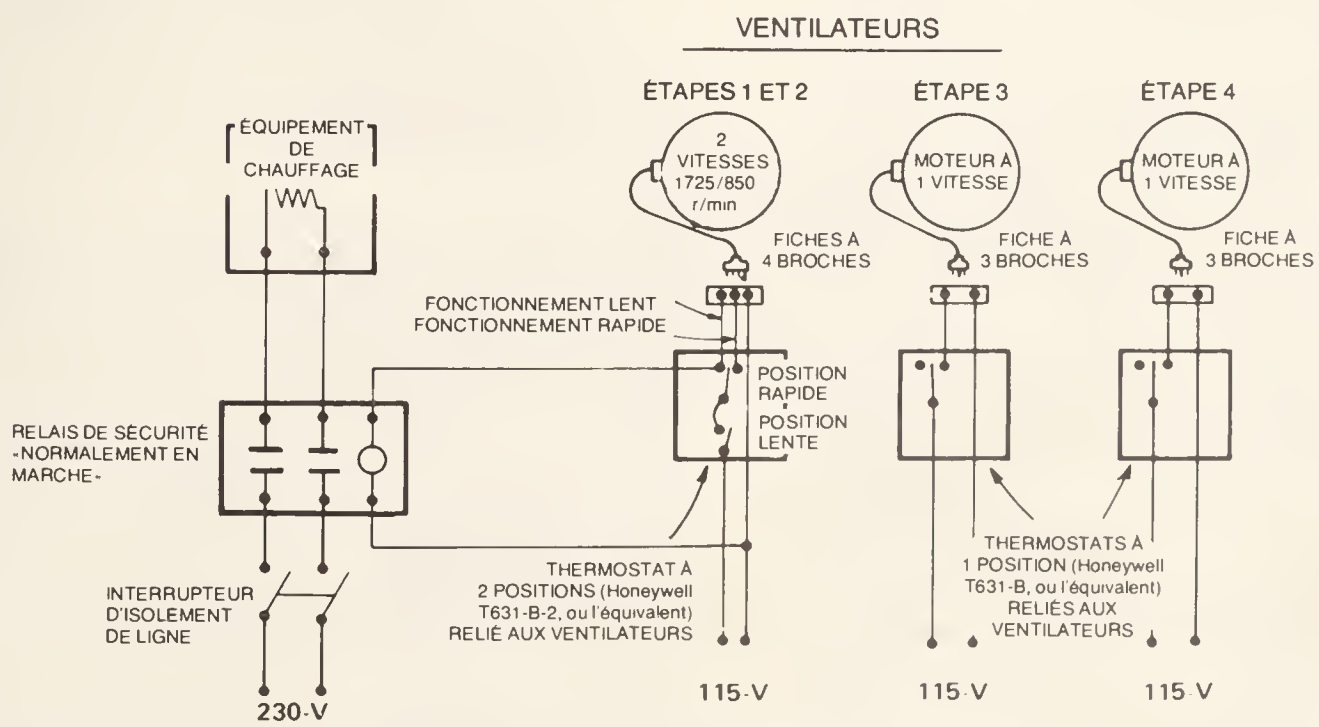


Figure 19 Diagramme de commande d'un système de ventilation composé de ventilateurs à deux vitesses, étapes 1 et 2.

Avec ce système, un thermostat (T_A) à deux phases est raccordé aux deux premiers ventilateurs (étapes 1 et 2 en série); pour la phase de température élevée, on établit deux séries de contacts pour commander le fonctionnement rapide du ventilateur advenant que la température monte, et le fonctionnement lent si la température baisse. Le raccordement de la borne de vitesse rapide du thermostat et du relais d'accouplement actionne le circuit de chauffage dès que le fonctionnement rapide du ventilateur est commandé, pour empêcher les pertes thermiques. La bobine de relais aura la même tension que le circuit d'alimentation (115 ou 230 V) du ventilateur.

La phase de basse température du thermostat (T_A) ne sert qu'à arrêter le fonctionnement du ventilateur à deux vitesses si la température à l'intérieur de l'étable baisse au point de faire geler l'eau dans les abreuvoirs ou d'incommoder les jeunes animaux. Toutefois, on recommande de loger à l'intérieur un nombre suffisant d'animaux pour assurer le fonctionnement constant du ventilateur. Certains thermostats à deux phases (comme le White-Rogers 2A38-14 ou le Penn A19 BBC-2) permettent un réglage indépendant pour les cycles de température élevée et basse; on peut ainsi régler la phase élevée du thermostat à 2°C au-dessus de la température intérieure minimale souhaitée, et la phase basse, nettement en-deçà de cette température mais au-dessus du point de congélation.

Prises d'air frais et distribution de l'air

Les ventilateurs refoulants et leurs commandes ne constituent qu'un des deux aspects du système de ventilation, l'autre étant les prises d'air. Celles-ci déterminent le mouvement et la distribution de l'air à l'intérieur du bâtiment et, par conséquent, elles constituent l'élément clé du système.

La distribution de l'air frais ne doit pas être la même à toutes les températures. En automne, en hiver et au printemps, l'air extérieur est normalement beaucoup plus froid que celui de l'intérieur; il importe alors de prendre des mesures pour éviter que les bovins ne soient soumis à des courants d'air froid. En été, il est préférable de diriger l'air directement sur le bétail pour le soulager des effets de la température et de l'humidité élevées.

Lorsque l'air froid pénètre dans le bâtiment où l'air est plus chaud, il est plus lourd et descend rapidement au plancher, créant des courants d'air froid (figure 20A). Pour résoudre ce problème, il faut diriger l'air froid au plafond et le propulser dans la pièce pour favoriser un mélange rapide de l'air et en éviter la descente directe au plancher (figure 20B). On recommande un débit de 4 à 5 m/s au niveau de la prise d'air. L'air admis ne se mélangera pas immédiatement à l'air chaud sur les surfaces supérieure et inférieure. Il restera en suspension avant de déplacer à l'horizontale en glissant sur des surfaces lisses comme le plafond.

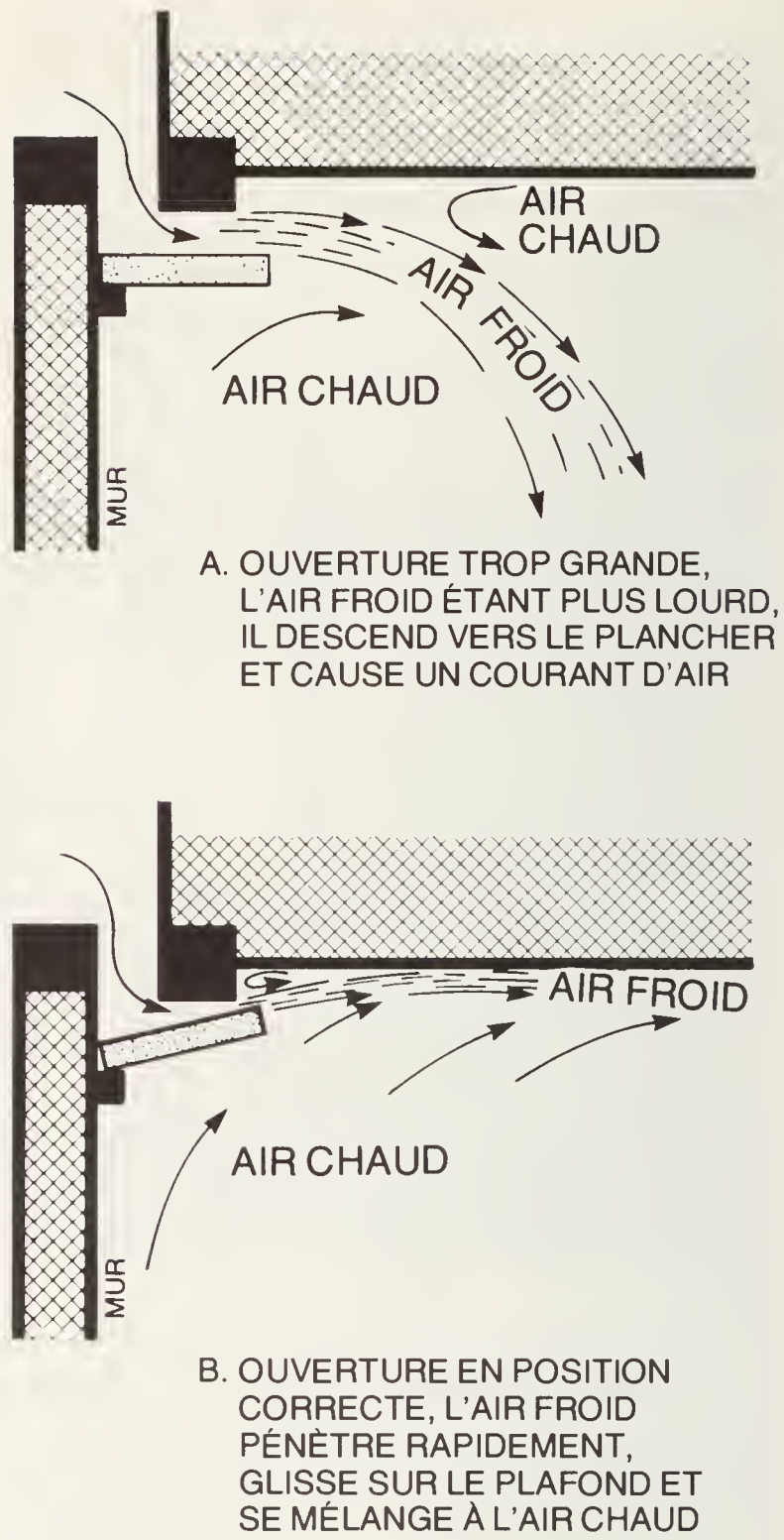


Figure 20 Influence de la grandeur d'ouverture d'une prise d'air sur le courant d'air froid.

La quantité d'air admise par les prises d'air est réglée par la capacité des ventilateurs refoulants. Toutefois, le débit est fonction de la capacité des ventilateurs et de l'ouverture des prises d'air. Pour maintenir le débit nécessaire à un bon mélange, les prises d'air doivent être réglables. Il existe des systèmes automatiques pour régler l'ouverture des prises d'air selon que la ventilation progressive fonctionne ou pas, mais les exploitants consciencieux préfèrent effectuer eux-mêmes ces réglages. Avec des prises d'air à commande manuelle, il faut régler l'ouverture de façon à ce que le débit d'air soit d'environ 4 m/s pour la ventilation d'étape 1, par temps froid. Bien sûr, ce réglage donnera un débit plus important dès que le ventilateur d'étape 2 fonctionnera. Si on ne dispose pas d'un débitmètre,

on peut calculer le taux de ventilation en multipliant la grandeur d'ouverture de la prise d'air par la vitesse de l'air au niveau de la prise. Il est alors possible de déterminer la grandeur d'ouverture nécessaire. Au printemps et à l'automne, lorsqu'il faut recourir au 3ème taux de ventilation, ouvrir les prises d'air de façon à augmenter le débit tout en maintenant une vélocité d'au moins 4 m/s pour assurer un bon mélange. En été, il est préférable d'utiliser les grandes portes de l'étable pour l'aération. Mais lorsqu'on ne dispose pas d'autre moyen que le ventilateur pour aérer, il faut ouvrir la prise d'air suffisamment pour assurer un faible débit; l'air aura alors tendance à se diriger vers les bovins, ce qui les aidera à supporter la chaleur.

Le déplacement de l'air à l'intérieur est beaucoup plus fonction de la direction et de la vitesse de l'air frais admis que de l'emplacement des ventilateurs refoulants. La figure 21 illustre les résultats d'essais de dispersion de la fumée dans un bâtiment type doté d'une prise d'air centrale. Dans la figure 21A, l'air frais hivernal traverse la mansarde, passe dans l'ouverture centrale et se diffuse dans les deux directions sous le plafond. Ce mouvement engendre une rotation de l'air à laquelle s'ajoutent des courants de convection attribuables à l'ascension de la chaleur des animaux. Pour diminuer la vitesse de l'air pendant les journées chaudes d'été, ouvrir la prise au maximum (figure 21B).

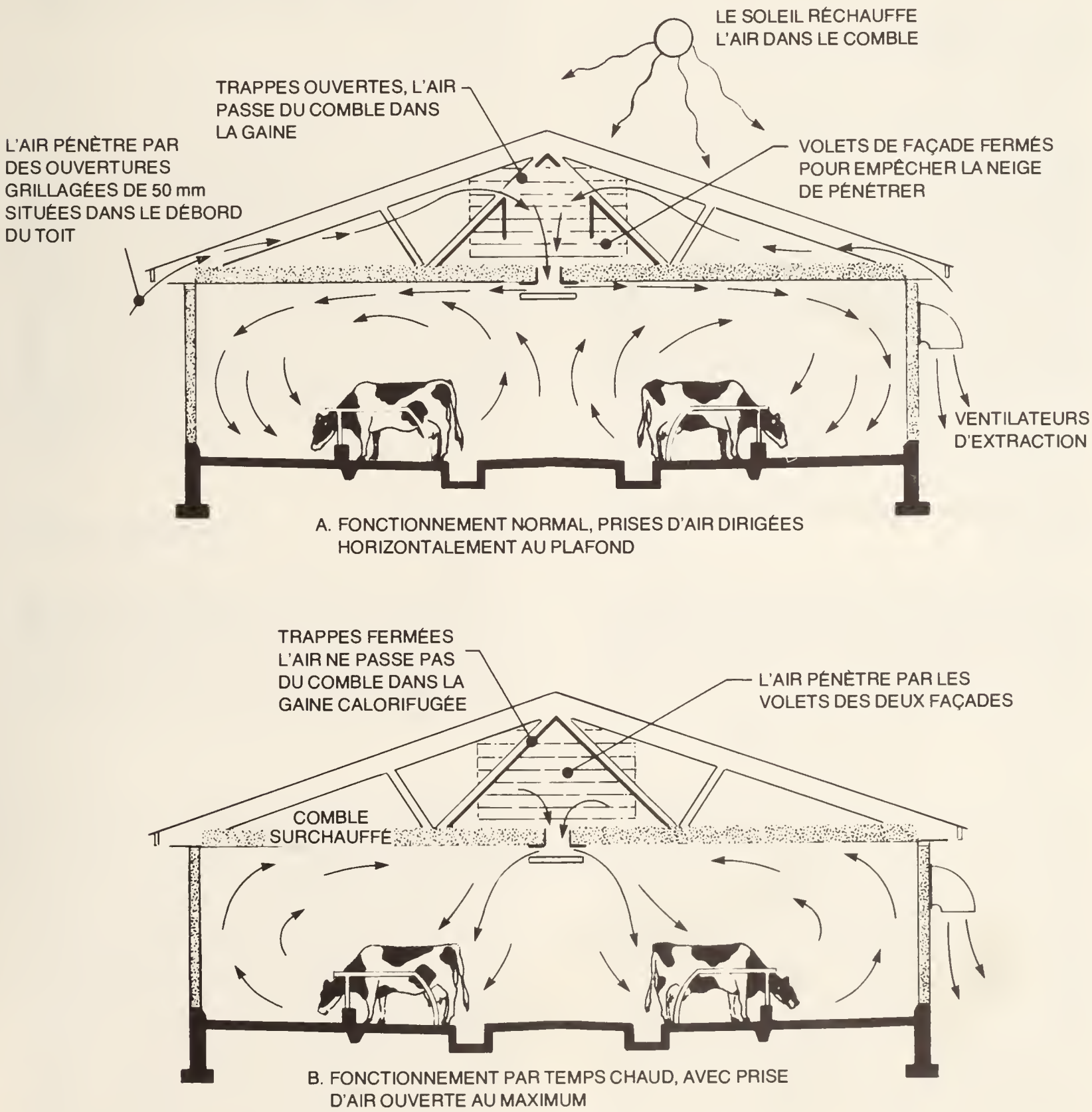
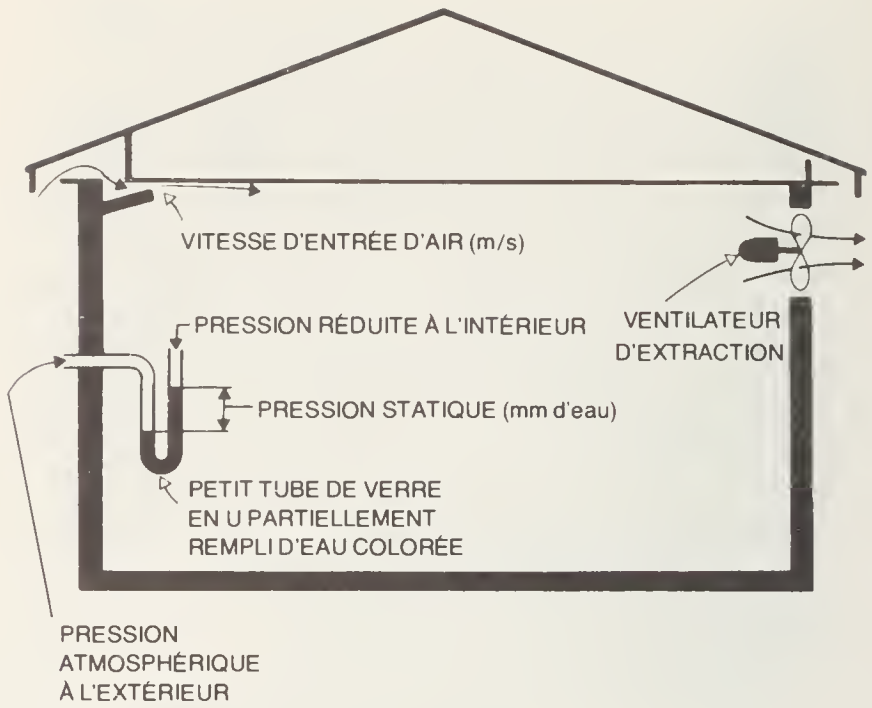


Figure 21 Étable entravée avec prise d'air centrale.

L'espace soumis à l'influence directe des ventilateurs refoulants est relativement petit; lorsque les prises d'air sont conçues et actionnées de façon appropriée, l'emplacement des ventilateurs refoulants a peu d'importance dans un bâtiment de 30 mètres ou moins de longueur.

La figure 21A expose un autre principe de bonne ventilation. Par temps froid, l'air frais pénètre par les ouvertures de la prise d'air, passe la mansarde et y traverse des trappes ouvertes donnant accès au conduit calorifugé. Cette disposition permet au soleil de réchauffer légèrement l'air et de récupérer la chaleur perdue par le plafond, ce qui contribue à maintenir l'équilibre thermique à l'intérieur de l'étable. Ce système n'a aucune valeur la nuit, période pendant laquelle le besoin de chauffage est le plus grand, mais il peut aider à chasser l'humidité d'une étable où le chauffage d'appoint est insuffisant.

En été, l'air de la mansarde peut atteindre une température beaucoup plus élevée qu'à l'extérieur. Les trappes entre la mansarde et le conduit calorifugé doivent être fermées pour forcer l'admission, dans ce conduit, d'air en provenance du bout des deux pignons plutôt que de la mansarde. Les volets à l'extrémité des pignons doivent être suffisamment grands pour assurer le taux de ventilation maximum pendant la période estivale sans pour autant exercer une succion importante dans le conduit de la mansarde. Ce système permet l'admission directe de l'air extérieur sans aspirer celui de la mansarde. Les volets sont fermés par temps froid.



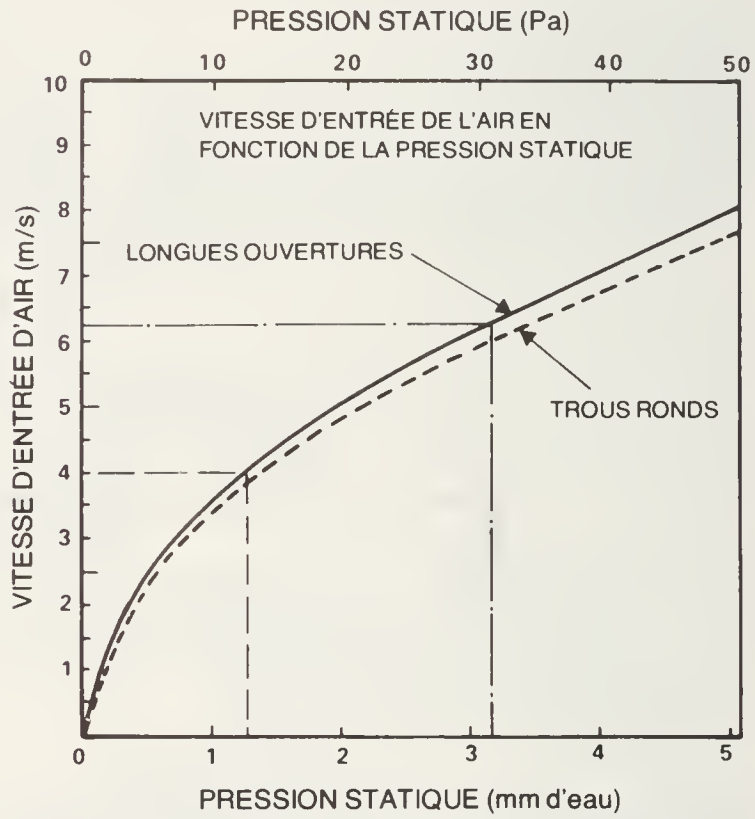


Figure 22 Mesure de la pression statique, et son rapport avec la vitesse de l'air passant par la prise d'air.

Ventilateurs, prises d'air et pressions statiques

Jusqu'à maintenant, on a très peu traité des forces qui entraînent le mouvement de l'air. Si la ventilation est assurée par des ventilateurs refoulants, ceux-ci aspirent l'air de l'intérieur et y créent une pression inférieure à celle de l'extérieur. L'air extérieur pénètre alors par n'importe quelle ouverture, petite ou grande, pour équilibrer les deux pressions.

Nous avons déjà mentionné l'importance de maintenir une bonne entrée d'air au niveau de la prise. Toutefois, le débit est directement fonction de la différence de pression entre l'intérieur et l'extérieur. On exprime normalement cet écart en millimètres d'eau, que l'on mesure à l'aide d'un hydromètre. La figure 22 montre comment mesurer la pression statique et indique le rapport existant entre cette pression et le débit au niveau de la prise d'air. Le petit tube en U partiellement rempli d'eau colorée permet de mesurer directement toute baisse de pression à l'intérieur du bâtiment. Ainsi, pour obtenir un débit d'au moins 4 m/s (assurant un bon mélange de l'air), il faudra une pression statique d'environ 12 pascals (Pa), soit 1,3 mm d'eau.

Mais ce n'est pas tout de forcer l'air à traverser les prises. En effet, plus la pression statique est élevée, plus les ventilateurs doivent fonctionner pour expulser l'air. La figure 23 illustre les effets de pression causés par un vent de 30 km/h soufflant sur le côté du bâtiment où se trouve le ventilateur refoulant. Si le ventilateur est exposé directement au vent, sans hotte protectrice, il doit développer 42 Pa (4,3 mm d'eau) de pression statique uniquement pour ouvrir les volets. Il devra produire un autre 20 Pa (2 mm d'eau) pour aspirer l'air à travers la prise du mur sous le vent. La pression totale à la hauteur du ventilateur sera donc de 20 (succion au niveau du mur sous le vent) + 12 (ouverture de la prise) +

42 (vent) = 74 Pa (7,6 mm d'eau), soit une pression dangereusement près du seuil où de nombreux ventilateurs cessent de déplacer l'air. En outre, la pression de l'air augmente au carré de la vitesse du vent; un vent de 60 km/h crée une pression quatre fois supérieure à celle engendrée par un vent de 30 km/h.

Pour résoudre ce problème, on peut songer à installer des ventilateurs refoulants dans le mur sous le vent. Malheureusement, le vent peut souffler de toutes les directions et le mur exposé un jour sera abrité le lendemain.

Une partie de la solution consiste à construire des hottes protégeant toutes les prises et sorties d'air de façon à ce que l'air puisse entrer et sortir du bâtiment verticalement (perpendiculairement au vent). Ces hottes ou capuchons doivent avoir une inclinaison d'au moins 90° par rapport au sol (voir la figure 23) et descendre plus bas que la ligne médiane de la hauteur du mur. On peut aussi pallier aux effets du vent en installant le capuchon à environ 10 cm du mur, comme indiqué. Les prises d'air peuvent être partiellement abritées par le débord du toit, ce qui les protège de la neige, surtout si l'ouverture se trouve juste derrière le panneau de façade, et non contre le mur.

Le vent peut faire baisser le taux de ventilation en nuisant au débit du ventilateur ou peut causer une surventilation. Avec des prises d'air non protégées sur les deux murs, le vent peut forcer l'admission d'air dans le bâtiment même si les ventilateurs sont arrêtés, ce qui peut constituer un grave problème par temps froid, lorsque les besoins de ventilation sont réduits.

Autres systèmes

Les systèmes de ventilation dont nous avons traité jusqu'à maintenant ont tous recours à des ventilateurs refoulants (figure 24) pour créer une pression intérieure légèrement inférieure à celle de l'extérieur. Ils comportent l'avantage que les petites fissures dans la structure peuvent faire office de prises d'air et empêcher ainsi l'accumulation d'humidité dans les interstices entre les murs et le plafond. On peut donc garder le bâtiment sec et en empêcher la pourriture. Toutefois, si une porte est accidentellement laissée ouverte, elle devient la prise d'air.

Les prises d'air à grande ouverture sont parfois difficiles à construire dans les vieux bâtiments en voie de rénovation. Dans ce cas, un panneau rectangulaire calorifugé, suspendu sous une ouverture au plafond légèrement plus petite, constitue une excellente prise d'air. Ce panneau doit pouvoir se monter et s'abaisser en fonction des différents taux de ventilation.

On trouve sur le marché une grande diversité de systèmes de ventilation d'installation facile, conçus pour améliorer la régularisation de l'écoulement de l'air sur les animaux. Le commerce offre plusieurs types de prises et mélangeurs d'air (aérateurs) motorisés. Un des grands avantages de ces aérateurs est d'assurer une bonne distribution de l'air même à faibles taux de ventilation. Ces systèmes recirculent l'air vers les ouvertures des prises d'air à un taux constant et élevé et mélangent l'air frais de l'extérieur à celui de l'intérieur à un taux qui varie selon la température du bâtiment. Ils éliminent donc le besoin de régler fréquemment l'ouverture des prises d'air en hiver pour maintenir le débit nécessaire à un bon mélange. Les aérateurs morotisés consomment plus d'électricité que les petits ventilateurs refoulants pendant l'hiver. Toutefois, une portion importante de cette énergie n'est pas perdue puisqu'elle est restituée sous forme de chaleur supplémentaire. L'installation de ces appareils doit se faire suivant les recommandations du fabricant.

Beaucoup de fournisseurs offrent également des ventilateurs à vitesse variable. En théorie, ils assurent un taux de ventilation qui varie constamment, plutôt qu'une ventilation progressive comme le font les ventilateurs à une ou deux vitesses.

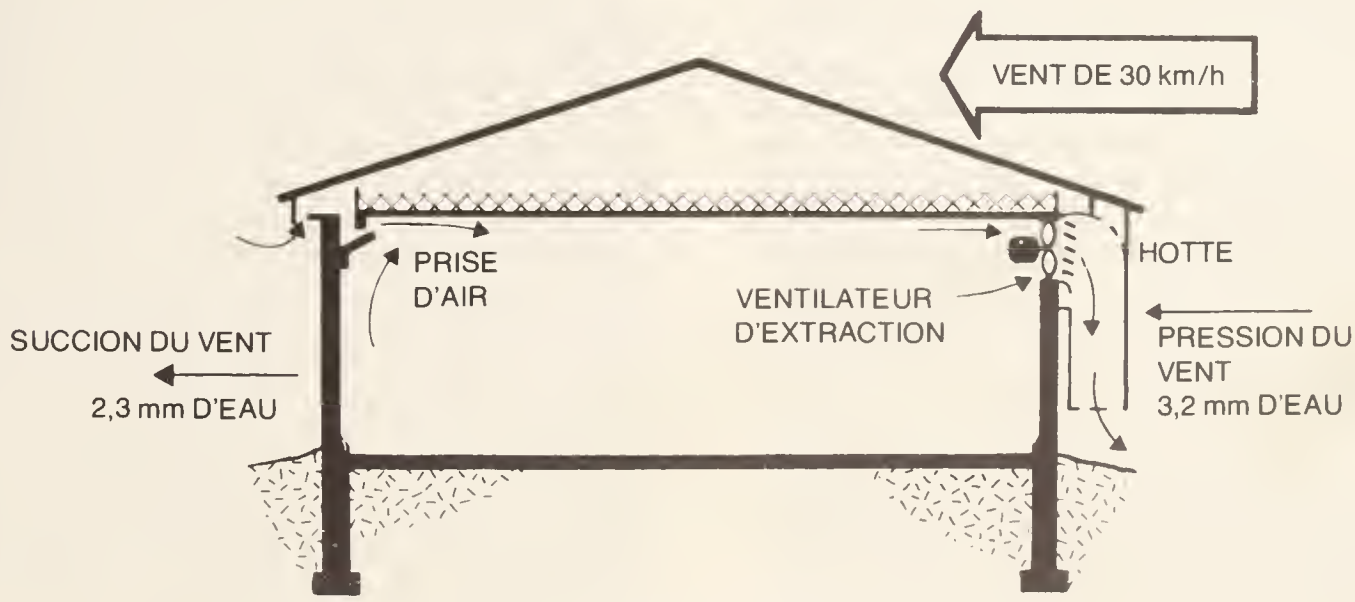


Figure 23 Pressions attribuables au vent frontal.

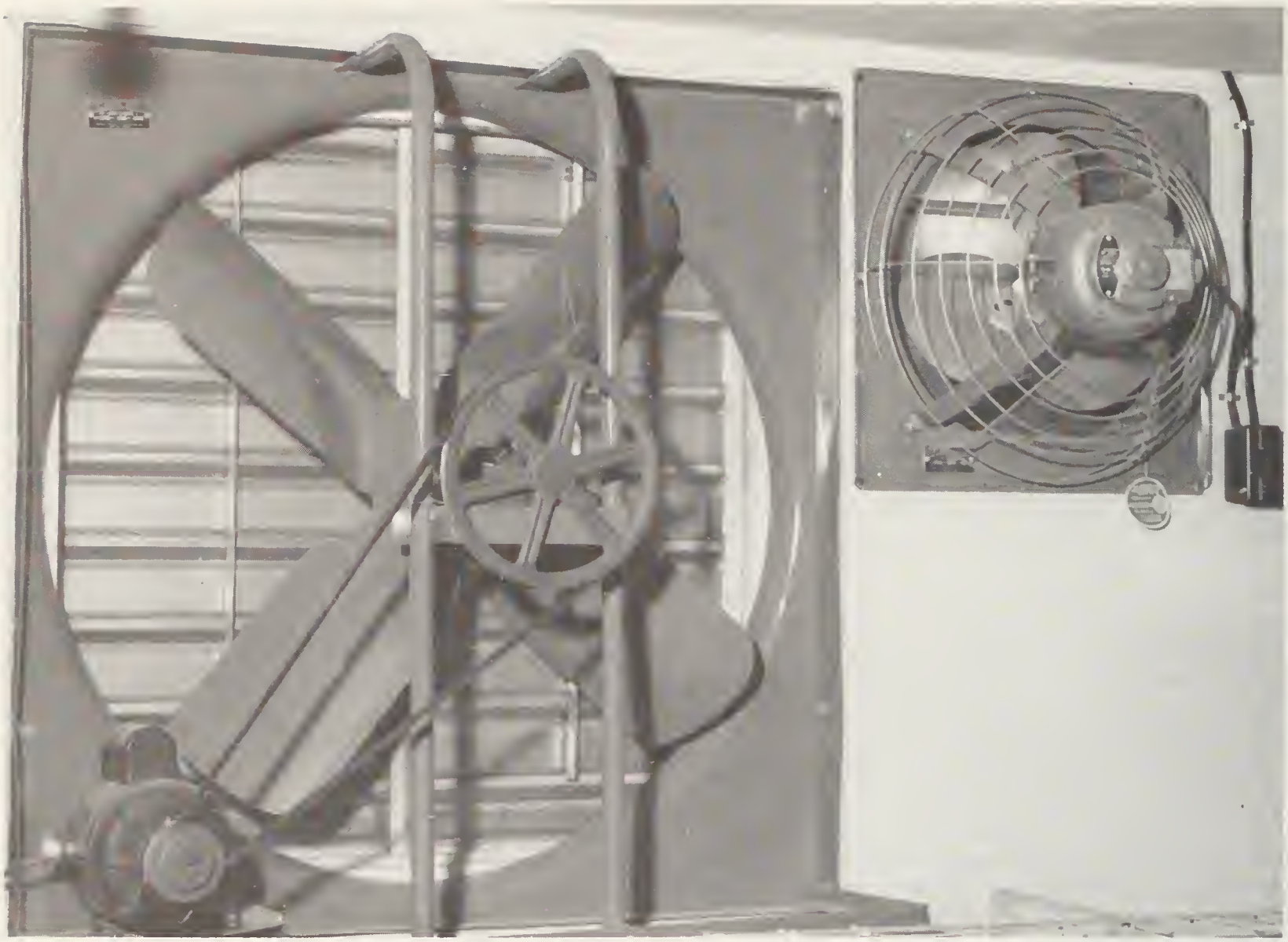


Figure 24 Deux ventilateurs refoulants, ventilation progressive. Avec ses deux vitesses et son entraînement direct, le petit ventilateur donne un bon rendement hivernal contre les vents frontaux. Le gros ventilateur, à vitesse peu élevée et à entraînement par courroie, donne un rendement élevé par watt consommé, par temps chaud. (Courtoisie d'Hydro Ontario).

Toutefois, certains de ces appareils affichent un mauvais rendement attribuable aux difficultés de raccordement, au réglage difficile des thermostats et systèmes de commande et au fait que les moteurs ont tendance à brûler s'ils fonctionnent à basse vitesse pendant de longues périodes. De plus, les ventilateurs à vitesse variable fonctionnant à bas régime ne peuvent créer beaucoup de pression. Leur effet peut très bien être annulé par la pression ou la succion exercées par le vent. Il y a donc lieu de s'informer auprès des voisins ou de personnes compétentes au sujet du rendement et de la fiabilité des différents modèles avant de les installer.

Plafonds poreux

Dans une étable à stabulation entravée, la ventilation est responsable des pertes de chaleur les plus importantes. Cette déperdition est directement proportionnelle au taux de ventilation, lequel est fonction de l'humidité à expulser. S'il était possible d'éliminer l'humidité d'une autre façon, le taux de ventilation et les pertes de chaleur pourraient être réduits. À cette fin, on a mis à l'essai des plafonds poreux dans certaines étables.

La figure 25 illustre une façon de construire ce type de plafond. La mansarde est exposée le plus possible aux conditions extérieures par l'entremise d'ouvertures sous le débord du toit, d'un faîte ouvert et de grandes trappes aux extrémités du pignon. Le plafond poreux devient alors une prise d'air. En passant à travers le plafond, l'air admis récupère une partie de la chaleur qui serait normalement perdue. Mais, comme le révèle la figure 13, on aurait un déficit net de chaleur même si toutes les pertes thermiques du bâtiment étaient réduites à zéro. Étant donné que le plafond est poreux et que la pression de vapeur à l'intérieur est parfois supérieure à celle de l'extérieur, une partie de l'humidité peut s'échapper à travers le plafond et s'accumuler dans la mansarde. La quantité d'humidité à être expulsée par les ventilateurs est donc réduite, ce qui permet d'abaisser le taux de ventilation et les déperditions thermiques en résultant.

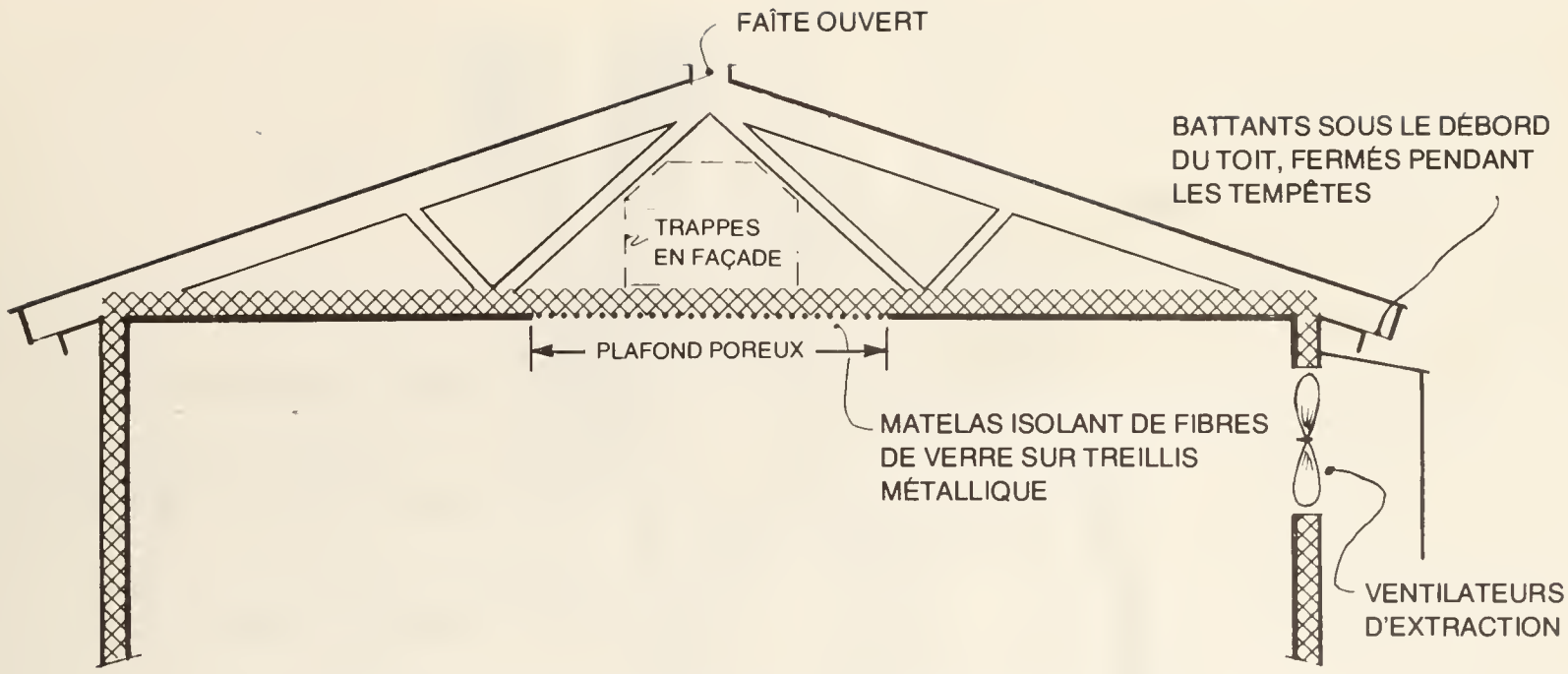


Figure 25 Coupe transversale d'une étable ventilée par un plafond poreux.

Même si on ne sait pas exactement quel volume de chaleur est sauvegardé et combien d'humidité est expulsée par le plafond poreux, plusieurs installations du genre dans des régions plus froides, comme le nord de l'Ontario et du Québec, permettent de croire que ce système est tout à fait valable.

Une façon de construire un plafond poreux consiste à déposer un matelas isolant à friction en fibre de verre de 100 à 150 mm d'épaisseur sur un treillis métallique (un grillage à poule galvanisé, par exemple). La partie poreuse du plafond se limite normalement au centre du bâtiment, prenant fin à environ 2,4 mètres de chaque extrémité. Le reste du plafond peut être solide. On n'a pas encore défini quelle portion du plafond devrait être poreuse; il semble qu'une superficie poreuse d'environ 30 % du total convienne parfaitement.

Une autre technique consiste à déposer environ 30 cm de foin ou de paille hachée sur des panneaux de recouvrement de 14 cm d'épaisseur disposés à 20 mm d'intervalles. Encore là, la disposition idéale des panneaux n'a pas été définie, mais le rapport de 8:1 semble suffisant. Les adeptes de ce système estiment que de 75 à 100 % du plafond pourrait être construit de cette façon.

Quel que soit le système utilisé (à panneaux espacés ou à fibre de verre sur treillis), il importe que les conditions à l'intérieur de la mansarde se rapprochent le plus possible de celles à l'extérieur; par conséquent, il est essentiel d'assurer une bonne ventilation naturelle de la mansarde pour prévenir la condensation, augmenter l'écart de pression de vapeur entre l'étable et la mansarde et favoriser la diffusion de l'humidité. Les ouvertures sous le débord du toit et un faîte ouvert constituent donc un atout important. Les trappes des pignons, commandées par un système de câbles permettant de les fermer par mauvais temps, sont aussi souhaitables. L'accumulation de neige ne devrait pas poser de difficulté avec un faîte ouvert, du moment que celui-ci n'est pas recouvert d'un capuchon; il importe cependant d'exercer une surveillance étroite de la mansarde en hiver. L'utilisation d'un plafond poreux nécessite l'installation de ventilateurs refoulants qui fonctionneront pendant la saison froide.

Les plafonds poreux offrent de grandes possibilités; il reste toutefois encore beaucoup de recherches à mener sur les effets de l'épaisseur de l'isolant, la portion idéale de plafonds poreux et la ventilation de la mansarde. Des recherches d'importance sont également pour déterminer les meilleurs taux de ventilation et mettre au point des modèles de faîte et de débord adaptés aux plafonds poreux.

5. TRAITE

Mécanique de la traite

Pour comprendre les particularités d'une installation de traite, il importe de bien connaître les aspects tant biologiques que mécaniques du processus de traite proprement dit.

Chaque quartier du pis de la vache renferme des millions de petits sacs appelés "acini". Ces sacs sont tapissés de vaisseaux sanguins qui assurent la synthèse laitière. L'extérieur de chaque acinus est également recouvert de minuscules fibres musculaires qui se contractent sous l'effet d'un stimulus et compressent l'acinus. Les acini produisent du lait sans interruption et seule la pression exercée par le lait accumulé ralentit ce processus. Les acini sont reliés par les canaux excréteurs à la citerne de la glande mammaire (sinus galactophore) et au trayon lui-même, comme l'illustre la figure 26.

Au moment de la traite, un stimulus (il peut s'agir d'un massage du pis ou d'un son familier associé à la traite) favorise la production d'une

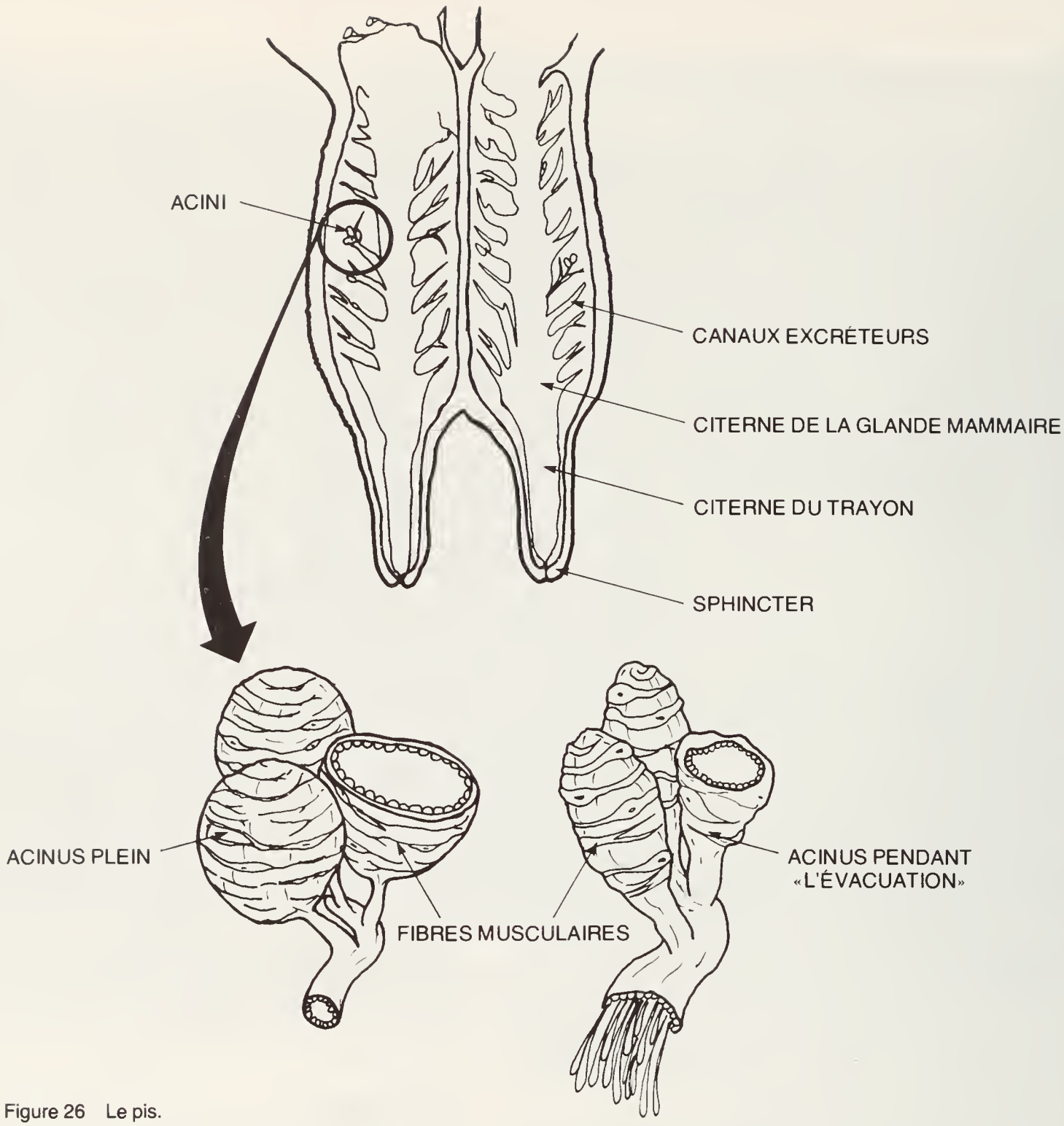


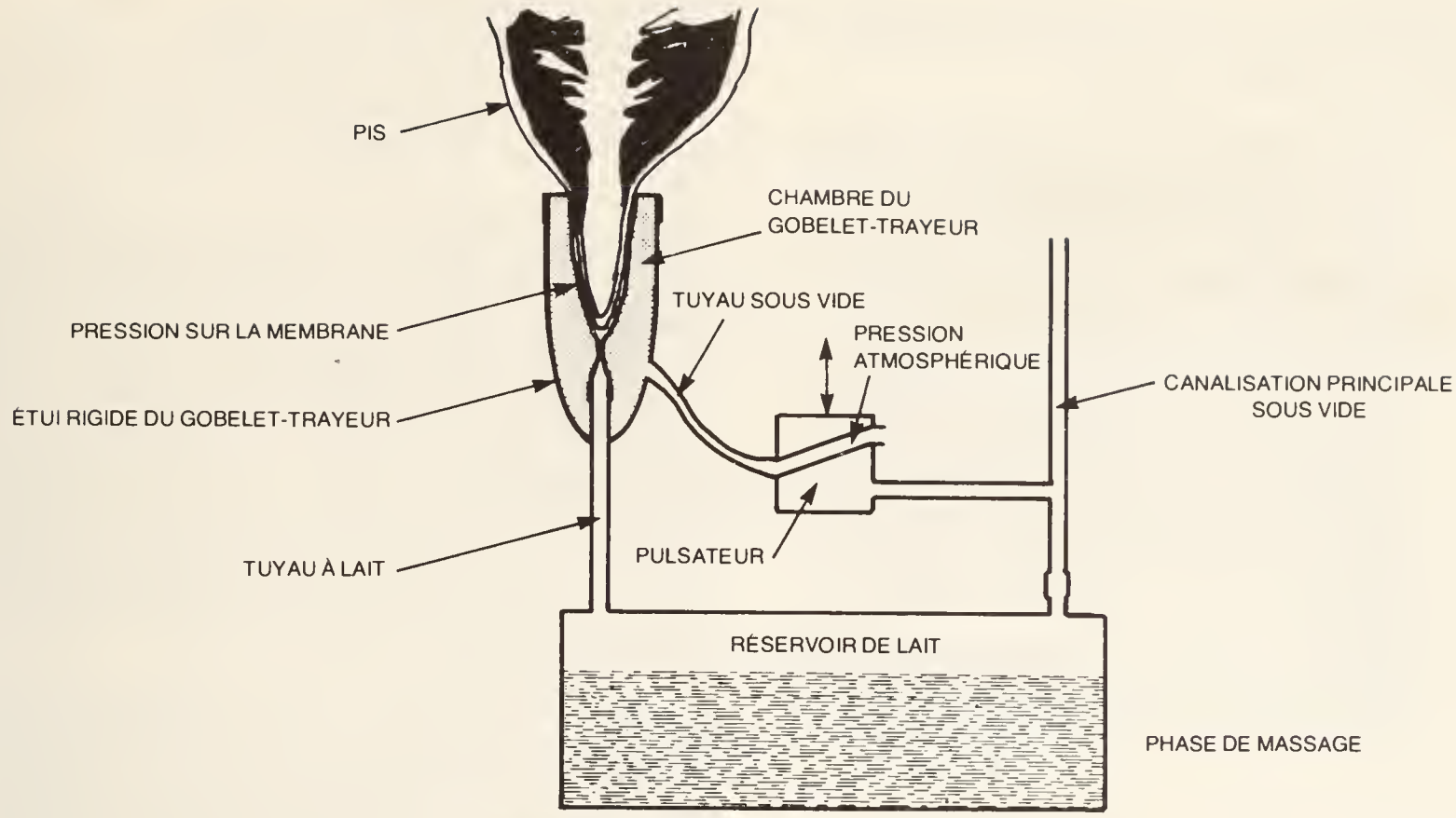
Figure 26 Le pis.

hormone, l'oxytocine, par l'hypophyse. L'oxytocine, véhiculée par le sang, provoque la contraction des muscles entourant les acini. En se contractant, les fibres forcent l'expulsion du lait des acini dans les canaux excréteurs et la citerne de la glande mammaire. Cette phase est appelée "évacuation du lait"; elle survient normalement une minute après la stimulation et dure entre 6 et 8 minutes.

Une autre hormone, l'adrénaline, secrétée si la vache est effrayée, blessée ou irritée, fait obstacle rapidement aux effets de l'oxytocine et empêche la production de lait.

L'interaction de ces deux hormones fait ressortir l'importance de bien traiter les vaches et de les traire au bon moment.

La figure 27 illustre le fonctionnement élémentaire d'une machine à traire. On assure un vide constant à l'intérieur du pot-trayeur. Ci vide se transmet jusqu'au trayon via le tuyau à lait. Un pulsateur se trouve entre le tuyau de vide et la chambre créée par l'étui rigide et le manchon-trayeur. Il fait varier la pression à l'intérieur de la chambre de pulsation, faisant alterner la pression atmosphérique et celle de la canalisation de vide. Lorsque la chambre est soumise à la pression atmosphérique et que le manchon trayeur est sous vide, celui-ci se contracte autour du trayon (figure 27A), produisant ainsi la phase de repos ou de massage du cycle de traite. Cette phase est essentielle pour empêcher une détérioration, imputable à l'engorgement, des tissus de l'extrémité du trayon par les sécrétions du corps si elle est constamment soumise à l'effet du vide. Lorsque le pulsateur restaure le vide dans la chambre, le manchon-trayeur est soumis à un vide de tous côtés, ce qui lui fait retrouver sa position ouverte normale. La pression à l'intérieur du manchon est à ce moment inférieure à celle dans le pis. Cet écart de pression fait ouvrir le sphincter et entraîne l'expulsion du lait pendant toute la durée du cycle. Ce processus se poursuit tant que tout le lait n'a pas été extrait, moment où il importe d'arrêter la traite, sinon la vache risque de subir de graves blessures.



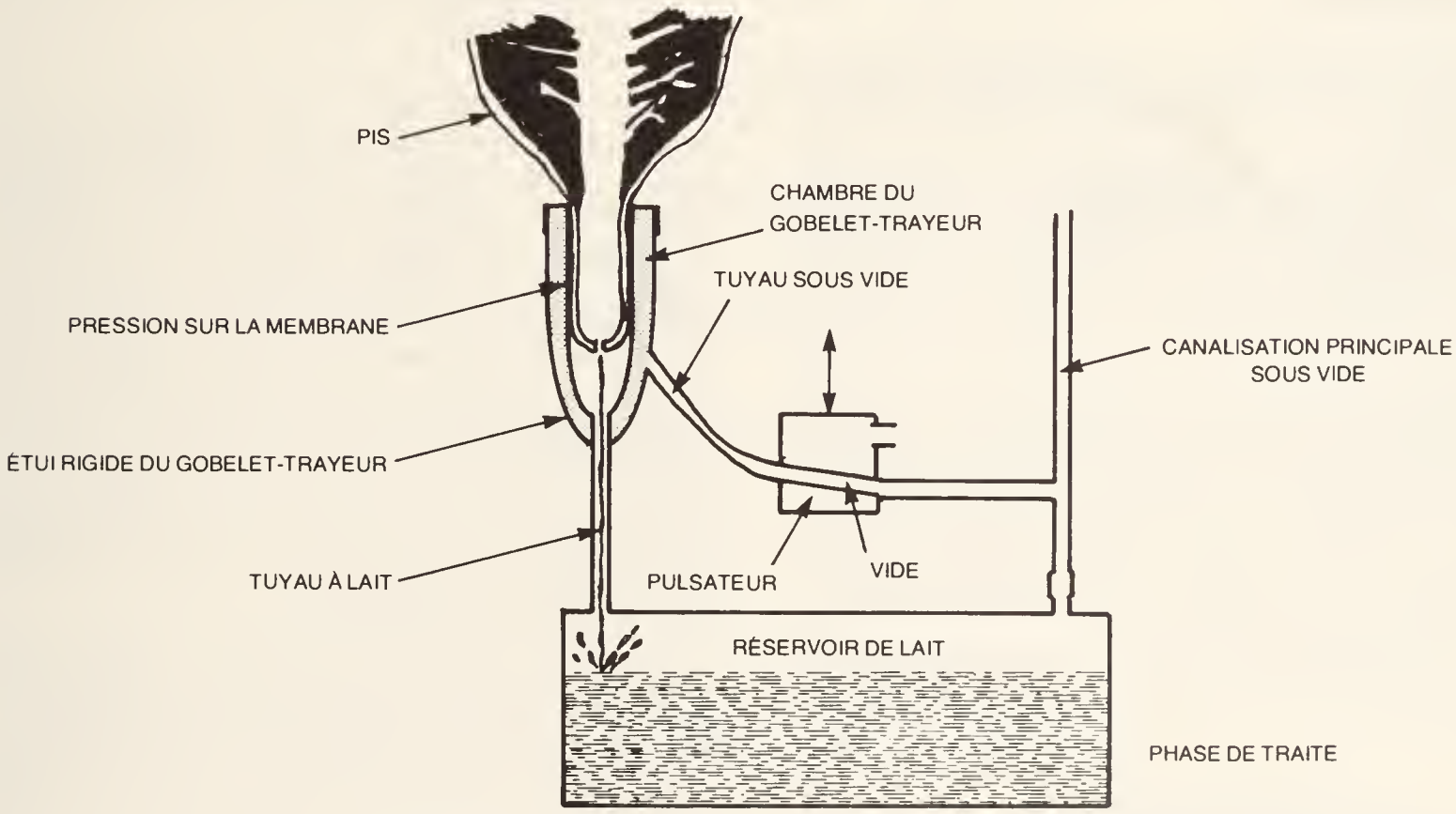


Figure 27 Principes de fonctionnement d'une machine à traire.

Un régime de traite bien structuré dénote l'efficacité de l'exploitant et favorise un bon rendement des vaches. En voici un exemple:

1. Laver et masser le pis avec une serviette non réutilisable imprégnée d'une solution chaude pour le nettoyage du pis.
2. Recueillir dans un récipient spécial trois ou quatre jets de lait et en contrôler la qualité.
3. Dès que les trayons se remplissent, installer les gobelets-trayeurs.
4. Lorsque l'écoulement de lait arrête ou diminue grandement, procéder à l'égouttage mécanique en massant à quelques reprises le quartier de pis égoutté. Enlever avec douceur les gobelets-trayeurs en coupant le vide au niveau de la prise de la canalisation.
5. Plonger les trayons dans une solution nettoyante.
6. Rincer les gobelets à l'eau propre puis les plonger dans une solution désinfectante avant de les installer sur une autre vache.

Circuit de vide

POMPES Les pompes à vide les plus couramment utilisées sont les rotatives et celles à piston alternatif.

On règle la capacité des pompes à vide selon certains degrés de vide et régimes donnés. Il existe deux standards pour exprimer la capacité des pompes à vide, soit l'américain (ASME) et le néo-zélandais. La figure 28 illustre la différence entre les deux.

Le standard néo-zélandais mesure le débit volumétrique de l'air dans la partie sous vide de la pompe, ce débit étant deux fois plus élevé que dans la partie soumise à la pression atmosphérique (partie où le standard ASME prend ses mesures). Ainsi, pour une même pompe, le débit exprimé selon la méthode néo-zélandaise sera deux fois supérieur à ce qu'il serait avec l'ASME.

Pour déterminer la taille requise de la pompe, il faut tenir compte d'un certain nombre de facteurs, dont:

1. le nombre de postes de traite
2. les besoins minimaux pour le fonctionnement du système (P.C.M. ou L/m)
3. le calibre et la longueur des canalisations de vide
4. le type de pulsateur
5. le type de système de traite (par exemple, pots-trayeurs ou lactoduc)
6. les besoins du matériel accessoire à vide.

Le tableau 2 donne le débit d'air minimal nécessaire au fonctionnement de certains éléments des installations de traite. La capacité (débit) totale requise représente la somme des besoins de chaque élément des installations (plus une réserve s'il s'agit de systèmes avec lactoduc). Il importe de respecter les directives du fabricant en ce qui concerne les débits recommandés pour chaque composante; quoi qu'il en soit, ne jamais fournir un débit inférieur à ceux indiqués au tableau 2.

RÉSERVOIRS-TAMPONS Beaucoup d'installations à vide comportent un réservoir-tampon; il sert à absorber tous les apports soudains d'air susceptibles de faire baisser le niveau de vide et fait également office de soupape pour empêcher l'entrée accidentelle de liquides dans la pompe. Il doit être galvanisé ou avoir reçu un traitement lui permettant de résister à l'effet corrosif des solutions nettoyantes. Il faut le doter d'un robinet permettant d'évacuer tous les liquides emprisonnés. En règle générale, une capacité de 20 L suffit à un poste de traite. Les réservoirs plus gros ne peuvent compenser l'inefficacité d'une pompe trop petite.

PIÈGES SANITAIRES Il faut normalement les installer sur la canalisation de vide, entre la pompe ou le réservoir-tampon et la chambre de réception, pour empêcher tout débordement accidentel de lait dans le circuit de vide. Il faut les vider et les nettoyer après chaque traite.

RÉGULATEUR DE VIDE Cet appareil permet de maintenir le vide à un niveau constant dans le réseau. Lorsque le circuit atteint le seuil de fonctionnement, le régulateur s'ouvre pour admettre suffisamment d'air pour maintenir ce niveau. À mesure que de nouveaux postes de traite sont raccordés à la canalisation de vide, le régulateur compense les baisses de débit en diminuant la quantité d'air admise. Sa capacité minimale doit égaler la capacité maximale de la pompe à vide. On l'installera dans un endroit à l'abri des poussières, près de la pompe. Les régulateurs à ressort ou à poids sont les plus courants. Il faut les vérifier régulièrement et respecter les directives d'entretien et de réparation du fabricant.

Il est très important d'installer un indicateur de vide sur le circuit de vide de façon à faciliter les réglages pour un bon fonctionnement du système.

Il importe également de respecter les directives du fabricant du poste de traite en ce qui concerne le niveau de vide. Comme il existe plusieurs modèles de poste de traite, leurs caractéristiques varient, d'où l'importance de s'en tenir aux recommandations du fabricant.

CANALISATIONS À VIDE Les installer en circuit fermé pour éviter les impasses et maintenir le même niveau de vide dans tout le circuit. Un robinet-vanne avec prise de chaque côté facilitera le nettoyage du système s'il est installé sur la ligne haute, le plus loin possible de la pompe. La propreté des canalisations est essentielle au maintein du vide adéquat. Il faut donc les nettoyer au moins une fois par mois et à chaque fois qu'il y a infiltration de lait.

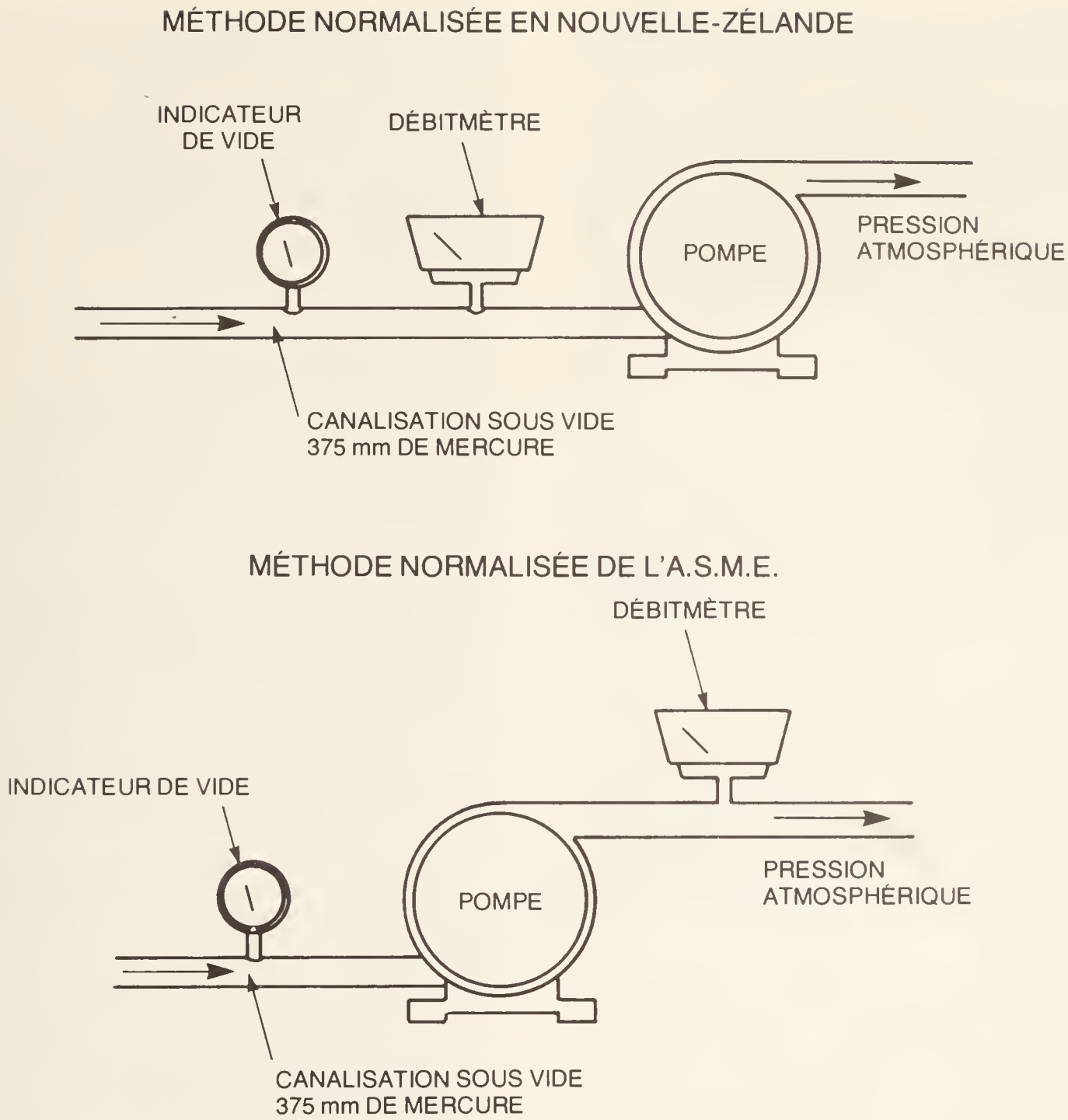


Figure 28 Calibrage d'une pompe à vide.

TABLEAU 2 Débit d'air minimal (standard de Nouvelle-Zélande)

Composante	Débit (L/s) (standard de Nouvelle-Zélande)
Poste de traite (avec pot-trayeur)	5,0
Poste de traite (lactoduc)	2,0
Extracteur de lait	5,0
Citerne sous vide	1,0
Compteurs à lait	1,0
Joints sanitaires (par groupe de 20)	1,0
Auxiliaire	5,0

Les systèmes avec lactoduc nécessitent une réserve d'au moins 50 % (c'est-à-dire 1,5 × besoins de chaque composante du système).

Le matériau utilisé pour la construction des canalisations doit pouvoir résister à un vide de 60 cm de Hg et au procédé de nettoyage utilisé. Les materiaux les plus usités sont l'acier galvanisé et le plastique rigide. La tuyauterie en plastique nécessite l'installation de supports à la hauteur de chaque robinet de prise. La canalisation doit avoir un pente minimale de 1:500 pour assurer l'écoulement complet de la condensation et des solutions nettoyantes. Installer des bouchons de vidange à chaque coin, à chaque dénivellation et à la base de tous les tuyaux de refoulement. Il importe également de faire des raccordements en T avec bouchons, plutôt que d'installer des coudes, pour permettre le nettoyage de la canalisation.

Le calibre des tuyaux sera fonction de la longueur de la canalisation et du nombre de postes de traite (voir les calibres minimaux au tableau 3).

Installez des robinets de prise dans la partie supérieure de la canalisation à vide pour empêcher la condensation de s'infiltrer dans la canalisation à air, puis dans la machine à traire et le pulsateur.

PULSATEUR Le pulsateur (figure 27) assure le fonctionnement du manchon-trayeur. Il commande l'alternance de la phase traite et de la phase massage (T:M) (temps de traite: temps de repos ou de massage) et le cycle de pulsation (cycles/minute). Respectez la fréquence de pulsation recommandée par le fabricant. Celle-ci peut varier entre 48 et 60 cycles/minute. Sur de nombreux pulsateurs, le rapport T:M est réglé d'avance, normalement à 60:40 ou 50:50; toutefois, il existe certains modèles réglables.

Il existe trois principaux types de pulsateurs, à savoir pneumatiques, magnétiques et électriques. Les pulsateurs pneumatiques utilisent la pression de l'air pour actionner un piston ou tiroir qui ouvre et ferme alternativement une entrée d'air, produisant les pulsations. Le rapport de traite (T:M) est alors de 50:50, mais la fréquence de pulsation est réglable. Comme les variations de température peuvent faire changer cette fréquence, des réglages manuels s'imposent parfois. Les pulsateurs magnétiques utilisent le courant électrique dont est alimenté chaque robinet de prise pour actionner un électro-aimant qui fait fonctionner un clapet, faisant ainsi alterner le vide et la pression atmosphérique. Le rapport de traite est préréglé, mais la fréquence de pulsation est réglable. Le fonctionnement des pulsateurs électriques est régi par un panneau de commande central ou une minuterie. La fréquence de pulsation et le rapport de traite sont réglables. Ces trois types de pulsateurs affichent, de façon soutenue, le meilleur rendement; ils sont par conséquent fortement recommandés.

Installations de traite

Les étables à stabulation entravée peuvent recevoir aussi bien un système à pot-trayeur qu'à lactoduc. La différence majeure entre les deux systèmes réside au niveau de la manutention du lait.

POTS-TRAYEURS Les systèmes les plus simples et les moins dispendieux sont ceux à pots-trayeurs. Il en existe deux types principaux, celui avec griffe à lait, posé sur le sol, et celui suspendu. Les deux systèmes donnent un bon rendement s'ils sont utilisés adéquatement.

Le système à pot-trayeur le plus simple nécessite le transport manuel du lait du pot-trayeur au réservoir de stockage, ce qui demande à l'exploitant beaucoup de temps et d'énergie.

Pour diminuer l'effort physique exigé par le transport manuel, divers appareils auxiliaires (parfois appelés "évite-pas") ont été mis au point. Il s'agit d'un bidon portatif sur roues, en acier inoxydable, que l'on amène à l'intérieur de l'étable pour chaque traite, et d'un tuyau à lait sous vide relié à un extracteur de lait (parfois appelé "relâcheur") ou à une citerne sous vide. Ce système permet de vider le pot-trayeur dans l'auxiliaire plutôt que dans le réservoir de stockage. Le tuyau à lait de l'appareil aura moins 25 mm de diamètre; s'il s'agit d'une installation permanente, il doit être de plastique rigide et reposer sur des supports qui maintiendront une pente constante de 1:100 vers l'extracteur de lait ou la citerne sous vide. Le fonctionnement de l'auxiliaire nécessite le même débit qu'un poste de traite additionnel.

TABLEAU 3 Calibre minimal des canalisations à vide

Diamètre minimal de la tuyauterie (mm)	Distance (pompe au point le plus éloigné)		
	30 m	60 m	90 m
	(nombre de postes de traite)		
31	4	3	2
37	8	6	6
50	10	10	8

Les extracteurs de lait conçus pour les auxiliaires sont normalement beaucoup plus simples que la chambre de réception d'une installation avec lactoduc. En effet, l'"évite-pas" n'a pas besoin d'être raccordé directement sur la canalisation produisant le vide de traite. L'engorgement du tuyau à lait et les fluctuations de vide dans l'auxiliaire n'ont aucune influence sur le vide de traite. Les extracteurs les plus simples pour ces systèmes consistent généralement en un pot de réception auquel sont raccordés la canalisation de vide et le tuyau à lait. Le lait est attiré par le vide dans la canalisation de l'auxiliaire, puis se déverse par gravité dans le pot de réception. L'élévation du niveau à l'intérieur de celui-ci fait monter un flotteur qui fait ouvrir un orifice d'admission d'air. L'apport de lait est alors stoppé tant que le lait ne s'est pas écoulé par gravité dans la citerne. Lorsque le pot de réception se vide, le flotteur baisse et ferme l'orifice d'admission d'air, ce qui fait recommencer l'écoulement du lait.

Une fois dans la citerne sous vide, le lait est transféré directement dans le réservoir de stockage. Les extracteurs de lait sous vide sont souvent utilisés pour recevoir les solutions détergentes destinées au nettoyage du tuyau à lait de l'auxiliaire.

SYSTÈMES AVEC LACTODUC Ces systèmes (voir figure 29) sont légèrement plus complexes que ceux avec pots-trayeurs parce qu'ils se nettoient sur place et que leur dispositif d'extraction du lait a un caractère spécial.

Dans le système avec lactoduc, le lait passe directement de la griffe à lait dans le lactoduc. La griffe est normalement dotée d'un orifice d'admission d'air qui permet à l'air de s'écouler à l'intérieur pour refouler le lait dans le tube jusque dans le lactoduc. La réserve de débit (50 %) du système assure le refoulement du lait. Le lactoduc ne doit pas passer à plus de 2 m au-dessus du plancher des stalles et les tuyaux à lait doivent avoir une longueur maximale de 3 m, sinon le lait ne sera pas refoulé assez rapidement pour empêcher l'engorgement de la griffe et des gobelets-trayeurs. Advenant un engorgement, le système sera soumis à des fluctuations de vide et donnera un mauvais rendement.

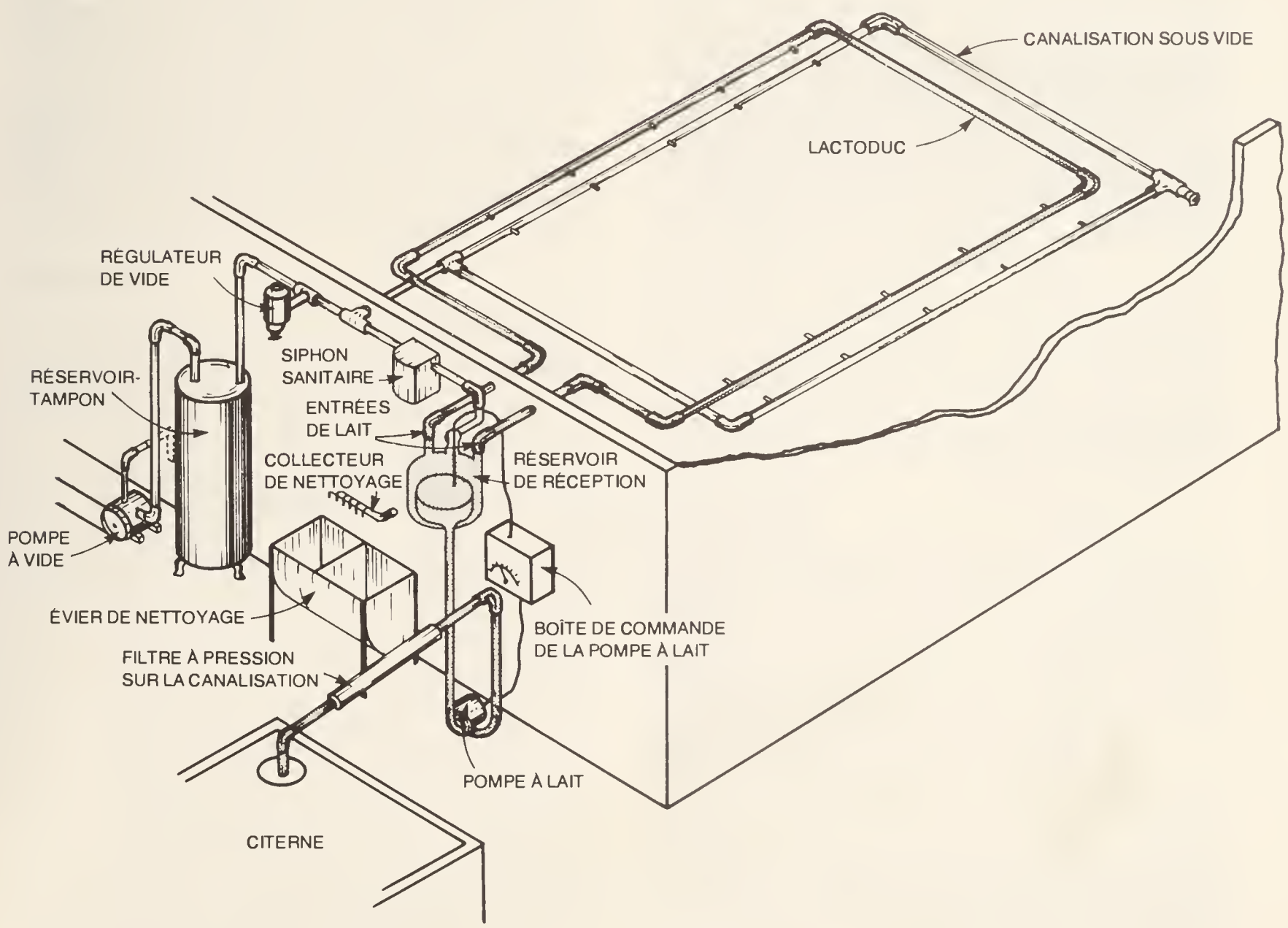


Figure 29 Disposition d'un système avec lactoduc.

Le lactoduc doit être tenu solidement en place, se vider de lui-même et avoir une pente minimale de 1:80 dans le sens de l'écoulement. Vu qu'il est essentiel de soumettre l'ensemble de la canalisation au même niveau de vide, le lait doit pouvoir s'écouler par gravité. Le vide ne peut favoriser l'écoulement du lait que si la tuyauterie est engorgée et s'il existe un écart de pression entre les deux extrémités du "bouchon". Cet écart entraîne une fluctuation du niveau de vide lorsque le lait s'écoule. Le lactoduc doit avoir une pente constante et ne posséder aucune dénivellation ni élévation susceptibles d'en causer l'engorgement.

Le verre ou l'acier inoxydable sont les matériaux les plus utilisés pour les lactoducs. Le verre a l'avantage d'être transparent tandis que l'acier inoxydable assure les meilleurs raccordements.

Les supports doivent permettre l'écoulement horizontal libre du liquide sous l'effet des variations de température. Autour de l'étable, la tuyauterie formera un circuit fermé assurant la stabilité du vide, l'ensemble accusant la même pente sur les deux côtés, à partir d'un point central élevé jusqu'à la chambre de réception. On dit de ce système qu'il est à "double pente". La canalisation à pente unique possède une pente constante d'une extrémité à l'autre autour de l'étable et débouche dans la chambre de réception. Puisque le lait doit s'écouler par gravité, la canalisation à double pente augmente la capacité de production et le rendement (tableau 4).

Les orifices d'admission du lait doivent être situés dans la partie supérieure du lactoduc, empêchant ainsi le lait de refouler dans le tuyau à lait et d'engorger la griffe à lait et le pot récupérateur (intercepteur).

CHAMBRE DE RÉCEPTION Elle assure trois fonctions fondamentales dans le système avec lactoduc:

1. Recevoir le lait sans causer un engorgement de la canalisation grâce à une sortie pour chaque pente;
2. Servir de réservoir à lait avant son transfert dans le réservoir de stockage;
3. Jouer le rôle de tampon entre la canalisation à vide et le lactoduc en empêchant la contamination mutuelle.

Habituellement, un dispositif de contrôle du niveau de lait dans la chambre de réception commande le fonctionnement de la pompe qui transfère le lait de la chambre de réception au réservoir de stockage. Ce dispositif doit être réglé de façon à empêcher que la chambre de réception ne se remplisse complètement, ce qui obstruerait les orifices de sortie du lactoduc et en causerait l'engorgement. Les pompes extractrices sont normalement centrifuges et fonctionnent sour l'impulsion de sondes se trouvant à l'intérieur de la chambre de réception. Bien qu'une pompe à vide puisse faire l'affaire, elle ne fait qu'ajouter à la tension à laquelle est soumise la canalisation à vide. Les pompes à lait doivent se nettoyer facilement, s'égoutter proprement et disposer d'une capacité suffisante pour empêcher l'engorgement de la chambre de réception.

Une chambre de réception de verre permet de contrôler le fonctionnement du système. Le lait doit s'y écouler de façon uniforme, doucement. Les afflux soudains signifient que le lactoduc est surchargé et dénotent des fluctuations du vide. Dans

TABLEAU 4 Calibre minimal du lactoduc

Nombre de postes de traite	Pente (minimum de 1,25 %)	Diamètre de la canalisation (mm)
2	simple	37
4	double	37
4	simple	50
8	double	50
6	simple	62
12	double	62
9	simple	75
18	double	75

NOTA: Sur les canalisations à pente double, seule la moitié des postes de traite peut fonctionner sur la même ligne.

Le tuyau principal d'alimentation partant de la pompe à vide et se jetant dans la chambre de réception doit avoir le même calibre que le lactoduc.

ce cas, il faut déterminer la cause du problème et y remédier avant qu'il n'influe sur l'efficacité de la traite et la santé du troupeau.

SYSTÈME DE LAVAGE POUR LACTODUC Les deux systèmes de nettoyage les plus couramment utilisés sont la circulation par refoulement et la circulation sous vide.

Le système à circulation par refoulement utilise la pompe à lait ou une pompe auxiliaire pour refouler l'eau de rinçage et les solutions nettoyante et désinfectante dans l'ensemble de la canalisation de traite. Cette technique nécessite le noyage de tout le système et, par conséquent, utilise de grandes quantités d'eau chaude et de détergent.

Le système de circulation sous vide utilise la canalisation à vide pour faire passer les solutions nettoyantes dans les postes de traite et, de là, dans la canalisation. La solution nettoyante traverse alors tout le système, se déverse dans la chambre de réception et retourne dans le réservoir renfermant la solution originale. Un injecteur d'air, placé près de la claviature de nettoyage des postes de traite, admet par intermittence de l'air qui produira la turbulence et le brassage nécessaires. Il s'agit là d'un système très simple qui assure un maximum de turbulence tout en nécessitant moins d'eau chaude et de détergent.

Il existe des dispositifs à commande automatique pour les systèmes à circulation sous vide; toutefois, il faut bien en peser le pour et le contre (frais d'installation et d'entretien supplémentaires) avant de songer à les utiliser.

Filtres à lait

Les filtres ont pour fonction d'éliminer les particules en suspension dans le lait avant le stockage; on en compte quatre types principaux:

1. Les filtres de poste de traite sont installés dans l'intercepteur ou le tuyau à lait. S'ils sont bouchés, ils font chuter le vide et la vitesse de la traite. Pour cette raison, on en déconseille l'utilisation.
2. Les filtres à aspiration en ligne sont ceux que l'on trouve le plus fréquemment dans les systèmes avec réservoir de stockage sous vide. S'ils sont installés dans un tuyau menant dans le réservoir, ils peuvent faire fluctuer le niveau de vide dans toute la canalisation; il faut donc les surveiller de près. On recommande plutôt d'utiliser un filtre à pression ou à gravité si la canalisation donne sur une chambre de réception avant le réservoir de stockage. Les filtres à aspiration en ligne donnent un rendement satisfaisant s'ils sont utilisés avec les appareils auxiliaires reliés à une citerne sous vide, puisque les variations de vide dans le tuyau à lait n'ont aucun effet sur la traite.
3. Les filtres à pression en ligne sont courants sur les systèmes avec pompe à lait. Ils n'influencent pas la traite mais peuvent se rompre lorsqu'ils sont bouchés.
4. Les filtres à gravité n'ont aucun impact sur le vide de traite et ne sont pas susceptibles de se rompre. On les utilise dans tous les systèmes où le lait s'écoule par gravité dans le réservoir de stockage.

Détergents et nettoyage

DÉTERGENTS ALCALINS On en trouve de nombreuses marques sur le marché, désignés généralement comme des "détergents pour matériel laitier à usages multiples" ou comme "détergents alcalins chlorés pour matériel laitier". Ils éliminent le gras et les protéines du matériel laitier. Il faut les sélectionner en fonction de leur capacité à adoucir l'eau et de la dureté de l'eau utilisée. Si le détergent donne à l'eau une apparence laiteuse, il n'a pas un effet adoucissant suffisant et il ne nettoiera pas le matériel. Il faut le remplacer par un détergent à capacité adoucissante supérieure (normalement plus coûteux).

DÉTERGENTS ACIDES Ces détergents empêchent l'entartrage du matériel. La formation de tartre dépend de la dureté de l'eau, de la température de la solution nettoyante et des techniques utilisées pour rincer le matériel après le nettoyage. La fréquence d'utilisation de ces détergents variera d'une exploitation à l'autre (intervalle de 10 à 2 jours). En règle générale, il faut raccourcir l'intervalle dès qu'on décèle la moindre trace de tartre.

DÉSINFECTANTS Les désinfectants ont une seule et unique fonction, soit détruire les bactéries au contact. Ils n'ont aucune qualité nettoyante et n'offrent un rendement satisfaisant que sur les surfaces propres. Les désinfectants réagissent de la même façon que les détergents alcalins dans l'eau dure et, par conséquent, le même mode de sélection s'y applique.

DÉTERGENTS DÉSINFECTANTS Ce produit combine les qualités des détergents alcalins et acides. Il remplace adéquatement les détergents alcalins et, bien qu'il n'élimine pas complètement le besoin d'utiliser les détergents acides, il en réduit la fréquence d'utilisation. On peut également l'utiliser comme désinfectant. Il importe toutefois de respecter les recommandations de concentration du fabricant pour le nettoyage ou la désinfection.

SOLUTION CAUSTIQUE Il s'agit d'un produit alcalin fortement concentré, utilisé pour éliminer la matière grasse qui s'accumule dans les pores du matériel en caoutchouc. On fait normalement tremper le matériel dans une solution caustique à 5 %. On peut également utiliser ce produit pour nettoyer les canalisations sous vide.

NETTOYAGE (MANUEL) On recommande de procéder comme suit:

1. Immédiatement après usage, rincer toutes les surfaces du matériel à l'eau froide ou tiède;
2. Démonter le matériel;
3. Laisser tremper toutes les pièces dans une solution détergente alcaline et brosser;
4. Rincer avec un détergent acide additionné d'eau froide ou tiède;
5. Suspendre toutes les pièces pour les laisser sécher complètement avant de les ranger.

Avec un détergent acide, la même routine s'applique sauf qu'à la troisième étape, on utilise un détergent acide plutôt qu'alcalin pour y tremper pendant 30 minutes à 60 C ou plus toutes les pièces; brosser ensuite complètement.

NETTOYAGE "IN SITU" Ce type de nettoyage s'impose pour toutes les canalisations à lait. Voici la marche à suivre:

1. Rincer à l'eau froide ou tiède. Ne pas réutiliser l'eau de rinçage;
2. Faire circuler une solution nettoyante alcaline concentrée selon les recommandations du fabricant, pendant normalement 10 à 20 minutes à 70°C. S'assurer que le détergent est non mousseux et convient à l'eau;
3. Purger la canalisation de la solution et rincer à l'eau tiède à laquelle sera ajouté un détergent acide;
4. Nettoyer à la main toutes les parties ne se prêtant à un nettoyage "in situ".

Pour un nettoyage avec un détergent acide, refaire les étapes susmentionnées, mais utiliser un détergent acide à la deuxième étape.

DÉSINFECTION Juste avant la traite, rincer toutes les surfaces avec lesquelles le lait vient en contact, avec de l'eau tiède propre à laquelle on aura ajouté un désinfectant convenable, selon une concentration conforme aux recommandations du fabricant. S'assurer que tous les systèmes se prêtant à un nettoyage "in situ" ont eu le temps de sécher suffisamment avant la traite.

Réservoirs de stockage

Le réservoir de stockage doit avoir une capacité suffisante et assurer un refroidissement rapide du lait. Supposons un troupeau de 40 vaches laitières, chacune produisant 10 kg de lait par traite, et un ramassage de lait à tous les 2 jours: le réservoir doit pouvoir contenir le volume ramassé régulièrement (dans le cas présent, quatre traites), plus le lait d'une journée additionnelle (c'est-à-dire deux traites), pour un total de six traites. La capacité du contenant sera donc la suivante: $(40 \times 10\ \text{kg} \times 6) \times (1\ \text{L/kg}) = 2400$ L. Le tableau 5 indique comment régler le refroidissement.

La chaleur extraite du lait par le système de refroidissement peut très bien être recyclée pour chauffer la laiterie en hiver. À cet égard, consulter les plans d'aménagement d'une laiterie du Service des plans du Canada. On trouve également sur le marché des appareils qui utilisent cette chaleur résiduelle pour réchauffer l'eau de la laiterie.

Respecter les recommandations du fabricant en ce qui concerne l'entretien des réservoirs de stockage et le système de refroidissement; le radiateur de réfrigération doit toujours être propre.

Besoins en eau et élimination des déchets

Les centres de traite utilisent quotidiennement de grandes quantités d'eau potable. On trouvera au tableau 6 une estimation de la quantité d'eau utilisée à chaque étape de la traite. Chaque nettoyage exige de l'eau chaude (45 – 50°C pour les nettoyages manuels et 70 – 75°C pour le nettoyage "in situ"). Avec les gros systèmes de nettoyage "in

TABLEAU 5 Capacité recommandée du système de refroidissement

Nombre de postes de traite	Production laitière (kg/h)	Capacité de refroidissement (kJ/h)
2	150	10 500
2	200	14 000
3	250	17 500
4	300	21 000
4	400	28 000
5	500	35 000
6	600	42 000
8	800	56 000
10	1000	70 000

situ", l'utilisation de surchauffeurs pour les réservoirs à solution est appropriée.

Il existe deux façons d'éliminer les déchets laitiers: les jeter dans un réservoir à sédiments et un champ d'élimination, ou en disposer dans le système d'évacuation principal, s'il s'agit d'un système à lisier ou à fumier semi-solide.

La publication 1620 d'Agriculture Canada, intitulée *Agencement d'une laiterie* donne le plan du réservoir à sédiments et d'un champ d'élimination, y compris la dimension des tranchées et le mode de construction.

Laiteries

La laiterie doit être suffisamment grande pour recevoir tout le matériel et laisser suffisamment d'espace de travail et d'entreposage (voir le tableau 7 pour les dimensions minimales de laiteries recommandées). Les murs intérieurs sont peints d'une couleur pâle, facilement nettoyage et intachable. On recommande un calorifuge d'au moins RSI 2.5 dans les murs, RSI 3.5 au plafond et RSI 1.4 sur le périmètre des fondations.

TABLEAU 6 Volume des eaux usées de laiterie et de salle de traite*

Lavage	Quantité d'eau requise
Citerne	
automatique1l 200-250 L/lavage	
manuelle	120-160 L/lavage
Canalisation	
dans la salle de traite (augmentation du volume lorsque la canalisation est longue dans les grosses étables entravées à collier)	300-400 L/lavage
Pots-trayeurs	120-160 L/lavage
Équipement divers	120 L/jour
Préparation des vaches	
automatique	4- 18 L/(lavage/vache)
(moyenne approximative)	8 L/(lavage/vache)
manuelle	1- 2 L/(lavage/vache)
Plancher de la salle de traite	160-300 L/jour
Plancher de la laiterie	40- 80 L/jour
Toilette**	20 L/utilisation

Nota: Capacité approximative du réservoir d'eau chaude: 1 L/vache plus 0,2 L/m de canalisation.

**Livestock Waste Handbook*, MWPS-18, Midwest Plan Service, Iowa State University, Ames, Iowa, juillet 1975.

**Avant d'installer une toilette, demander à l'agent local des normes sanitaires d'approuver le mode d'élimination. Dans de nombreuses régions, ces déjections doivent être jetées dans une fosse septique et dans un champ d'égouttement, tout à fait à l'écart des autres résidus de laiterie.

TABLEAU 7 Dimensions minimales recommandées des salles de traite

Taille du troupeau	Grandeur
Jusqu'à 25	4,3 m × 4,9 m
25 à 35	4,3 m × 5,5 m
35 à 50	4,9 m × 6,2 m
45 à 70	4,9 m × 6,8 m
65 et plus	5,5 m × 8,0 m

Il convient de construire un double plancher ou un pan de mur amovible pour faciliter l'installation ou le remplacement du réservoir de stockage. Une ouverture à tuyau et une prise de courant de 220 V dotée d'un interrupteur sont aussi normalement nécessaires au ramassage du lait se trouvant dans le réservoir de stockage.

Les planchers doivent être en béton de bonne qualité (30 MPa minimum) reposant sur une couche de gravier bien compactée; ils seront armés de tiges d'acier pour empêcher les fissures. Leur donner une finition antidérapante, facile à nettoyer. Une finition à la truelle, avec gravillonnage au carborundum ou à l'oxyde d'aluminium rend le plancher sécuritaire même s'il est mouillé. Néanmoins, un fini avec plateau de bois fera l'affaire. Le plancher aura une pente d'au moins 1:50 donnant sur un drain de plancher de 10 cm, recouvert d'une grille et équipé d'un seau pour recueillir les sédiments et d'un siphon. Installer le drain près de la sortie du réservoir de stockage et à au moins 60 cm de la trappe et l'ouverture pour le tuyau de prise.

La laiterie doit disposer d'au moins un évier double dont chaque compartiment sera suffisamment grand pour recevoir les pièces à laver les plus grosses.

Il faut également éclairer le dessus de l'évier et des comptoirs, de même que les abords du réservoir de stockage. Ne pas installer de lampe directement au-dessus des ouvertures du réservoir puisque des morceaux de verre pourraient y tomber.

On peut se procurer des plans détaillés de laiterie et de bureau attenant auprès du Service des plans du Canada.

Avant d'entreprendre toute construction, renseignez-vous sur les règlements régissant la production laitière dans votre région.

6. ÉLIMINATION ET UTILISATION DU FUMIER

L'utilisation rationnelle du fumier est un aspect important de toute exploitation laitière. Un bon système de manutention doit réunir les qualités suivantes: être pratique pour l'exploitant, ne comporter aucun danger pour la santé et la sécurité des hommes et des animaux, conserver le fumier pour la fertilisation, entraîner des dépenses minimales, permettre l'agrandissement des installations, ne pas constituer une nuisance et ne pas polluer.

Dans une étable laitière à stabulation entravée, ce système comportera au moins les éléments suivants: (a) du matériel ou des installations pour recueillir le fumier et le transférer dans la fosse de stockage principale, (b) suffisamment d'espace de stockage hermétique pour la conservation du fumier jusqu'au moment de l'épandage, sans pollution de l'eau de surface ni de la nappe phréatique, (c) le matériel nécessaire pour évacuer le fumier de la fosse et pour l'agiter au besoin, et (d) assez de terrain et le matériel approprié à une incorporation du fumier au sol.

Il existe divers systèmes de manutention qui conviennent aux exigences et aux modes d'exploitation de chacun. La plupart des variantes consistent en un degré d'automatisation plus ou moins élevé. Certains systèmes ont été conçus selon des types spécifiques d'exploitation et en fonction de la consistance du fumier à manutentionner.

On modifie souvent cette consistance à une étape donnée de la manutention, soit en ajoutant de la litière, de l'eau (intentionnellement ou pas) ou encore en procédant au séchage naturel ou à l'air pulsé. Le degré de liquéfaction du fumier en détermine la consistance; il est très important de tenir compte de cet aspect avant d'opter pour un système ou un autre. En exposant les divers systèmes, nous avons tenu compte de la consistance du fumier à traiter et du type d'installation et de matériel requis (voir le tableau 8).

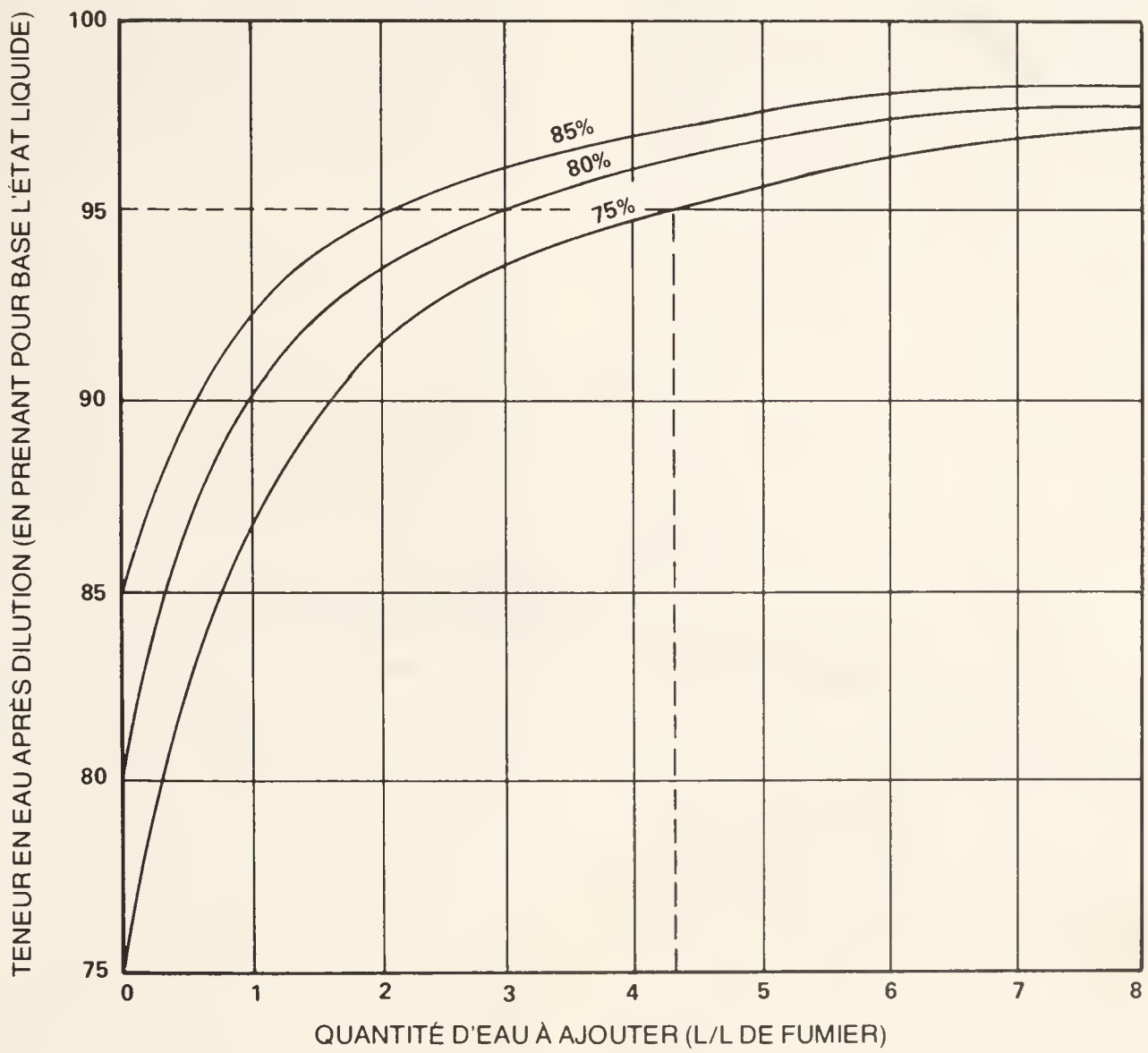
Le fumier est généralement manutentionné sous trois formes, à savoir liquide (lisier), semi-solide, ou solide. Les déjections des bovins laitiers, y compris les fécès et l'urine, renferment environ 85 % d'eau et 15 % de solide. On peut produire du lisier à très faible consistance en ajoutant de l'eau, dans le cas où le type d'exploitation interdit ou restreint l'utilisation de litière. Si la teneur en eau atteint ou dépasse 85 %, le lisier peut s'écouler par gravité le long de profonds canniveaux horizontaux; si elle est de 90 % ou plus, on peut le pomper sans difficulté. Bien que ces deux taux semblent se rapprocher sensiblement, il ne faut pas oublier qu'à 90 % d'eau, le fumier renferme 10 % de solide tandis qu'à 95 %, il en renferme 5 %, soit une concentration de 50 % inférieure. Pour faire passer la teneur en eau de 90 à 95 %, il faut donc doubler le volume du fumier en y ajoutant de l'eau. La figure 30 illustre quelle quantité d'eau il faut ajouter pour élever la teneur en eau d'un fumier à consistance donnée.

Contrairement au lisier, on obtient généralement du fumier solide par un apport important de litière ou encore par séchage naturel ou à l'air pulsé. Le fumier solide a une consistance ferme et non fluide dont on fait la manutention avec la pelle chargeuse et l'épandeur traditionnels. Le fumier renfermant 8 % ou plus de litière sera solide; pour obtenir cette consistance, il faut compter 3 à 4 kg de litière par vache, par jour.

Dans de nombreuses étables entravées modernes toutefois, l'utilisation de litière est minimale et le séchage est limité. On obtient ainsi un fumier qui n'est ni liquide ni solide, mais plutôt semi-solide, à consistance épaisse, qui ne s'écoule pas aussi facilement que le lisier et ne s'empile pas comme le fumier solide. Pour manutentionner ce type de fumier, il faut modifier quelque peu le matériel et les fosses normalement utilisés pour le fumier solide.

TABLEAU 8 Systèmes de manutention du fumier de bovins laitiers

Type de fumier	Collecte	Transfert à la fosse	Fosse	Extraction de la fosse	Épandage
Lisier	Caniveau peu profond	Évacuateur alternatif ou nettoyeur d'étable	fosse en béton circulaire ou rectangulaire	Pompe centrifuge, pompe à vide, vis sans fin	Épandeurs: à trémie, non couvert; citerne remplie par vis sans fin; citerne à pression non couverte ou remplie par pompe
	Caniveau profond	Écoulement par gravité	fosse à remblai	convoyeur à chaîne	Irrigation
Semi-à solide	Caniveau peu profond	Évacuateur alternatif ou nettoyeur d'étable	fosse en béton rectangulaire, couverte	Chargeur frontal sur tracteur	Épandeurs: classique caisson ou citerne à fléaux non recouverte; à trémie non couvert; citerne remplie par vis sans fin
	Caniveau profond	Écoulement par gravité	fosse à remblai	rampe pour lame niveleuse	
Solide	Caniveau peu profond	Évacuateur alternatif ou nettoyeur d'étable, et élévateur à fumier	plate-forme en béton, légèrement convexe	Chargeur frontal sur tracteur	Épandeurs: classique à caisson; citerne à fléaux.



EXEMPLE: pour faire monter de 75 % à 95 % la teneur en eau d'un fumier, il faut y ajouter $4^1/_3$ litres d'eau par litre de fumier.

Figure 30 Quantité d'eau requise pour modifier la teneur en eau du fumier.

Collecte et transfert

La formation des odeurs dans les étables peut être réduite au minimum si le fumier est évacué à intervalles fréquents vers un lieu de stockage. Deux systèmes différents de collecte et de transfert sont bien adaptés aux nouvelles étables entravées: le caniveau peu profond avec évacuateur de fumier jusqu'à la fosse et le caniveau profond recouvert d'une grille, avec écoulement continu par gravité jusqu'à la fosse.

Les systèmes dotés de caniveaux à ruissellement nécessitent l'adjonction d'eau pour élever la teneur en eau du fumier; on n'en recommande pas l'utilisation à moins que l'eau puisse être recyclée. Le rinçage à l'eau fraîche augmente énormément la capacité de stockage nécessaire. Les grosses fosses souterraines, sous l'étable, ne sont pas recommandées, à cause de leur coût élevé d'installation et du danger que les gaz ne s'infiltrent dans les locaux réservés aux animaux.

CANIVEAUX PEU PROFONDS AVEC ÉVACUATEUR DE FUMIER Ce système est le plus courant depuis des années dans beaucoup d'étables entravées. Il est facile à installer et sa réputation de bon rendement n'est plus à faire. S'adaptant à tous les types de déjections, il est d'utilisation et d'entretien faciles. Les évacuateurs de fumier peuvent poser certains problèmes par temps froid puisque la chaîne est soumise au gel pendant son séjour à l'extérieur. Les ruptures de chaîne, la lenteur des longs circuits et la surcharge peuvent également entraîner des problèmes. On recommande donc le respecter à la lettre des directives du fabricant en ce qui concerne le montage, l'installation, l'utilisation et l'entretien.

Les deux types d'évacuateur mécanique de fumier les plus courants dans les étables laitières à stabulation entravée sont le nettoyeur d'étable classique à chaîne continue et le transporteur à mouvements alternatifs. Les nettoyeurs d'étable classiques (figure 31) se composent d'une chaîne continue avec barrettes espacées à environ 60 cm au centre. On peut se procurer des chaînes dont la longueur dépassera 150 m pour un seul système, mais des longueurs moindres sont plus courantes. On recommande des caniveaux de 35 à 50 cm de largeur, adaptés au type d'évacuateur utilisé. Les caniveaux sans grille doivent avoir au moins 20 cm de profondeur. Avec une grille, ils auront une profondeur d'au moins 50 cm pour laisser la voie libre à l'évacuateur chargé; à vide, les barrettes nécessitent un espace libre d'au moins 10 cm au-dessus des palettes. Les nettoyeurs d'étable sont normalement offerts avec deux types de raclettes, selon le type de déjections; on utilise des raclettes d'environ 5 cm de profondeur pour le fumier solide et d'environ 10 cm pour le fumier semi-solide.

Les nettoyeurs d'étable classiques ne s'adaptent qu'aux étables où le convoyeur peut faire un circuit fermé. Advenant que l'étable comporte une seule rangée ou un nombre impair, les évacuateurs à mouvement alternatif (figure 32) sont plus pratiques. Les racloirs alternatifs comportent un série de palettes mobiles montées sur un tige ou un câble.

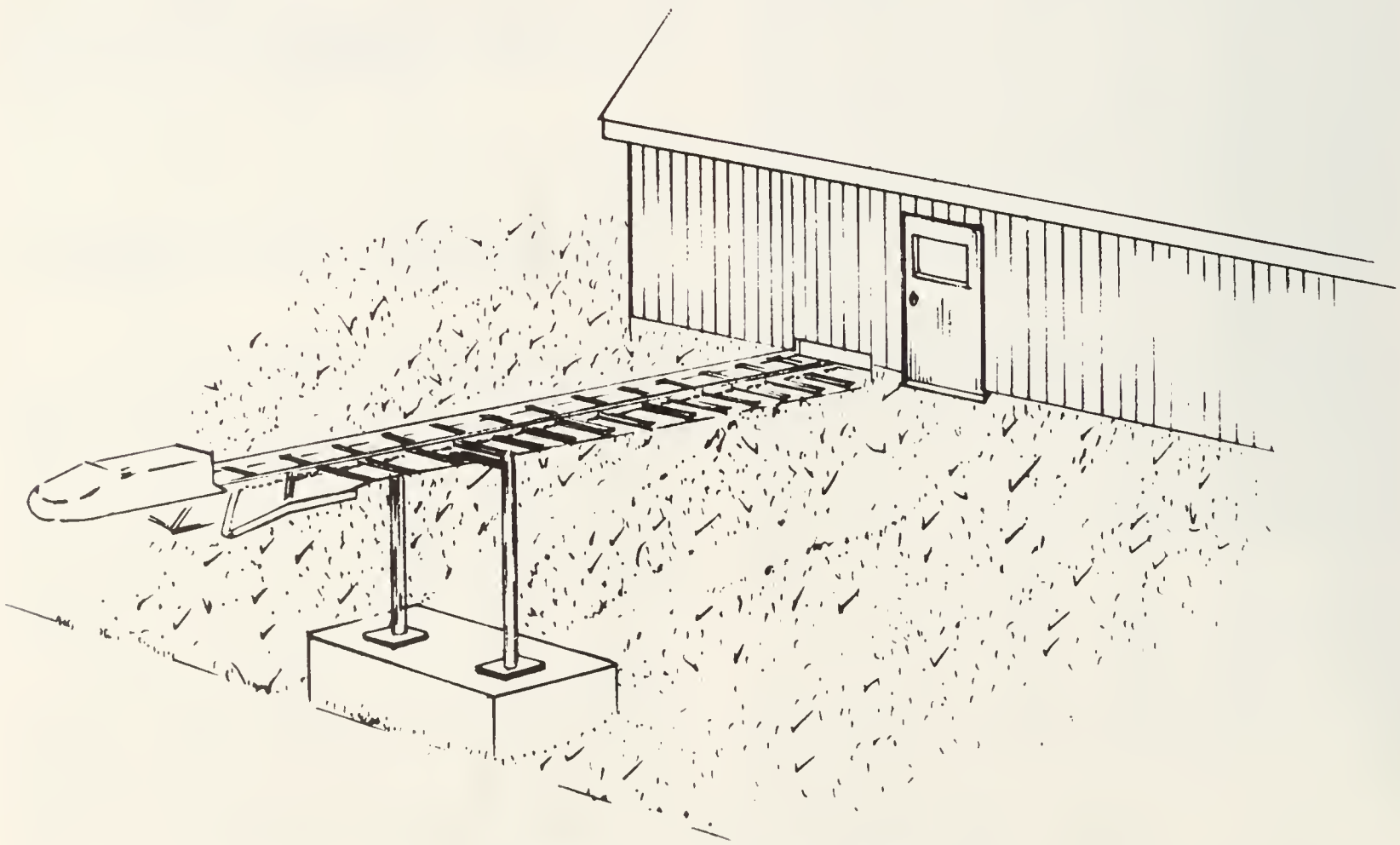


Figure 31 Nettoyeur d'étable classique.

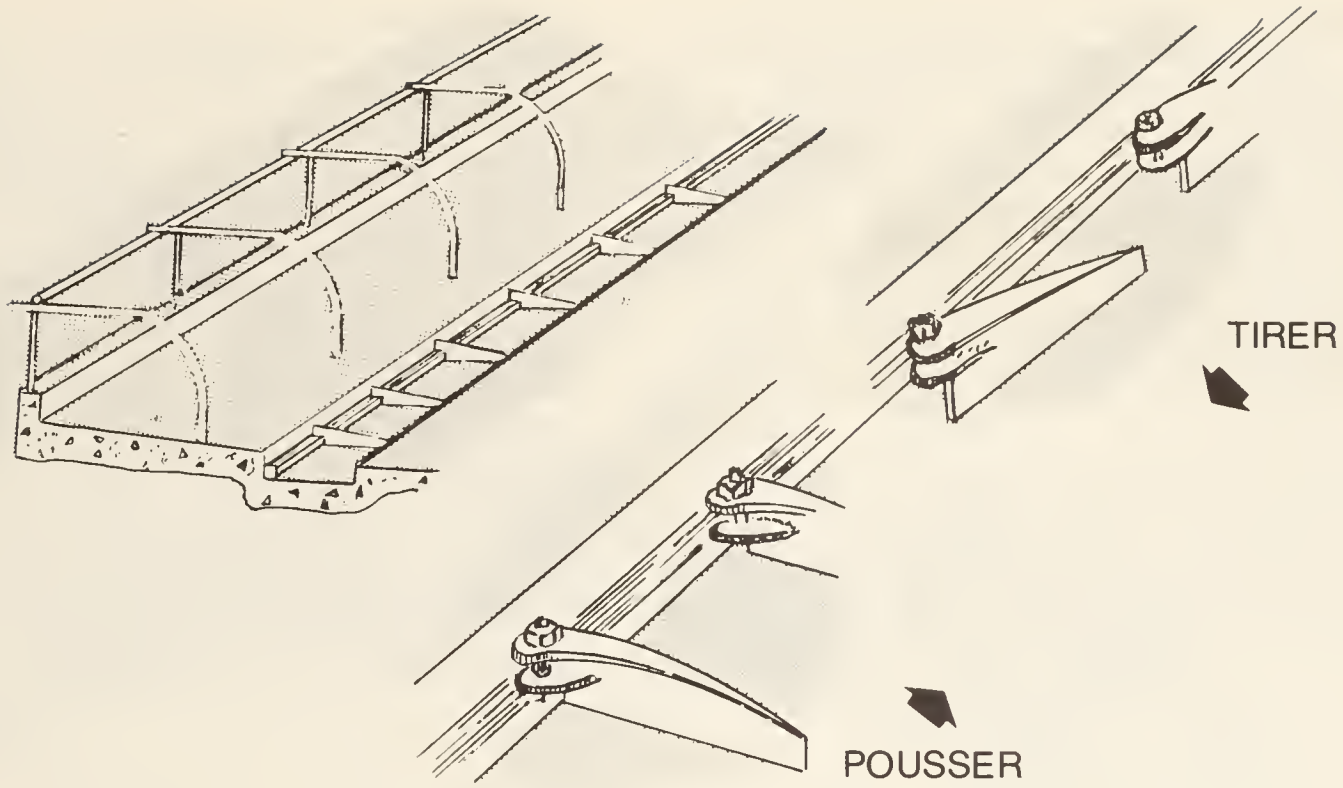


Figure 32 Évacuateur alternatif.

Les palettes sont d'abord tirées vers l'arrière, repliées sur la tige ou le câble, dans la section à nettoyer. On inverse ensuite le mouvement, ce qui fait ouvrir les palettes qui évacueront les déjections. Les recommandations concernant la largeur et la profondeur des caniveaux pour les nettoyeurs d'étable classiques s'appliquent également aux racleurs à mouvement alternatif.

Les évacuateurs de fumier fonctionnent normalement avec un moteur électrique. La puissance nécessaire dépend de la largeur et de la longueur du caniveau, de la taille des palettes, de la quantité de fumier à évacuer quotidiennement, de la longueur de l'élévateur et de la vitesse d'avancement des barrettes. Il importe de respescter les recommandations du fabricant en ce qui concerne le choix du moteur. Ceux qui fournissent une puissance allant jusqu'à 6 kW sont les plus fréquemment utilisés.

Les évacuateurs de fumier mécaniques ont normalement une vitesse d'avancement d'environ 0,1 m/s. Une vitesse plus élevée réduit le temps d'attente et facilite l'évacuation du fumier à consistance plus liquide, mais nécessite un moteur plus puissant. On peut installer des caniveaux peu profonds dans les étables entravées, peu importe la quantité de litière utilisée. Avec peu de litière, il pourra s'avérer nécessaire de recouvrir le caniveau d'une grille (figure 23) pour garder la queue des vaches propre. Certains exploitants ayant fait l'essai des grilles estiment qu'il s'agit là d'un atout important pour leur exploitation; les vaches traversent plus facilement les caniveaux pour entrer et sortir des stalles et circuler dans l'étable. Les grilles faites de tiges d'acier lisses offrent le meilleur rendement. Les meilleures sont celles qui se composent de tiges lisses d'environ 2 cm de diamètre et espacées à environ 6 cm à partir du centre, sur toute la longueur du caniveau. Les supports transversaux seront espacés à un maximum de 40 cm au centre. Il se peut que ces grilles doivent être brossées ou raclées une ou deux fois par jour pour les débarrasser de tout fumier qui pourrait y adhérer. En outre, l'utilisation de quantités moindres de litière nécessitera des raclages plus fréquents pour garder les animaux et leur environnement propres.

Par temps froid, le gel du fumier peut entraîner des ennuis avec les évacuateurs mécaniques. Les sections du convoyeur situées à l'extérieur de l'étable doivent donc être protégées contre les intempéries et conçues de façon à sécher complètement après chaque utilisation. En plaçant la sortie du ventilateur de première étape (ventilation continue) au-dessus de la sortie de l'évacuateur, on soumet ce dernier à un apport constant d'air chaud, ce qui empêche le gel au moment critique du séchage.

Les évacuateurs mécaniques, comme nous l'avons dit, peuvent déboucher sur un épandeur ou une fosse de stockage. Dans certains cas, une installation à convoyeur simple peut suffire; mais très souvent, il peut s'avérer nécessaire d'utiliser un deuxième convoyeur ou élévateur pour évacuer le fumier du point de collecte jusqu'à la fosse de stockage prolongé. Les élévateurs (figure 33) conviennent parfaitement à cette tâche pour le fumier solide. Leur conception se rapproche sensiblement de celle des évacuateurs, mais ils ne dépassent généralement pas 20 mètres de longueur. De même, on peut doter les nettoyeurs d'étable d'une section élévatrice faisant partie intégrante de l'évacuateur et actionnée par le même moteur. Dans les cas où très peu de litière est

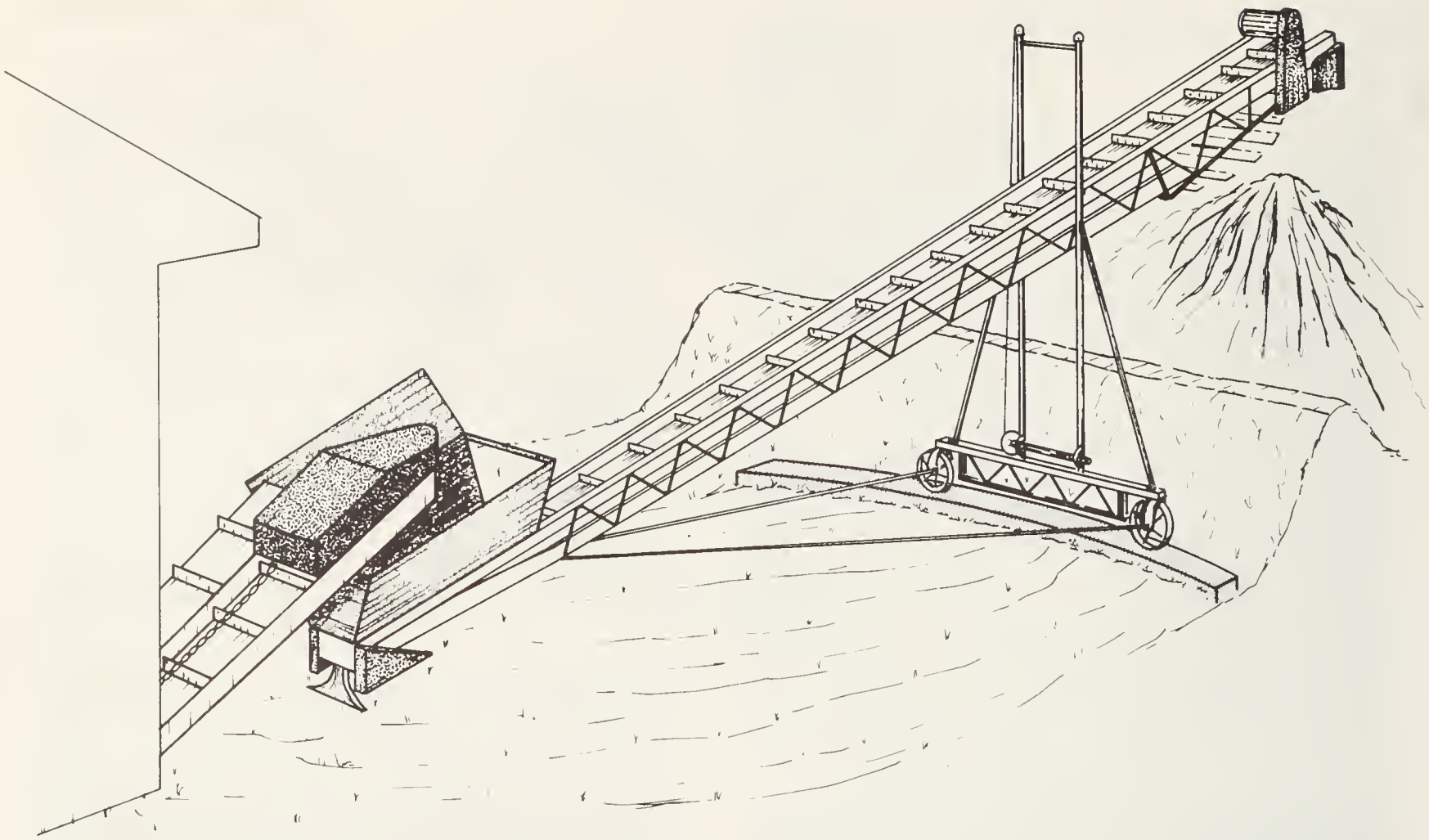


Figure 33 Élévateur à fumier.

utilisée, on donnera à la section élévatrice une pente ne dépassant pas 1:5. Une troisième solution consiste à utiliser des pompes de transfert ou des tarières (nous en traiterons plus en détail dans le prochain chapitre).

CANIVEAUX PROFONDS A ÉCOULEMENT CONTINU PAR GRAVITÉ JUSQU'A LA FOSSE

Les tranchées à écoulement continu par gravité permettent l'évacuation du lisier se trouvant dans un caniveau recouvert d'une grille. Le lisier ruisselle sans interruption le long de la tranchée, uniquement sous l'effet de la gravité. Tout en nécessitant presque aucun entretien, ce système n'agite pas le lisier à l'intérieur du bâtiment et, contrairement aux racleurs, ne requiert aucune énergie mécanique. Les tranchées à écoulement continu peuvent recevoir adéquatement du lisier dont la teneur en eau est de 85 % ou plus et convenir également au fumier sans litière ou, tout au moins, hachée très finement. Si les matières solides du fumier ne sont pas évacuées à cause d'un mauvais entretien, la seule façon de remédier à la situation est de déverser dans la tranchée les déchets de laitierie pour diluer le lisier et en permettre l'écoulement.

On prépare la tranchée à fond plat en y ajoutant environ 10 cm d'eau qui sera retenue par un petit déversoir ou un petite arrête aigüe, au niveau, à l'extrémité de la tranchée. Dès que le lisier s'accumule, il déborde le dévrsoir et se jette dans le conduit d'évacuation. L'extrémité supérieure aura une pente allant jusqu'à 1:40 selon la consistance du fumier. La tranchée aura une hauteur suffisante pour recevoir le déversoir, tout en tenant compte de l'inclinaison, et contenir le fumier sans qu'il n'y ait débordement à l'extrémité. Avec ce système, le caniveau aura généralement de 70 à 100 cm de largeur; une largeur plus importante est déconseillée. On recommande un longueur maximale d'environ 70 m. Toutefois, il sera probablement moins coûteux de construire des tranchées moins longues, soit environ 25 m, puisque plus elles sont longues, plus elles doivent être profondes. Advenant que la fosse de stockage prolongé soit souterraine et se trouve à proximité de l'étable, on peut laisser les caniveaux à écoulement par gravité s'y déverser directement si on a pris la précaution d'installer un siphon qui empêchera les gaz dangereux de revenir à l'intérieur de l'étable. Lorsque la fosse est plus éloignée de l'étable ou si elle se trouve au-dessus du sol, il devient nécessaire d'installer un système de pompage relié à un puisard. Avec plusieurs caniveaux parallèles, il importe d'installer une autre tranchée plus profonde, à angle droit par rapport au premier caniveau, pour évacuer le lisier vers la pompe ou la fosse. Le lisier se trouvant dans le caniveau transversal peut être évacué à l'aide de racleurs mécaniques ou encore par gravité. Le puisard doit avoir une capacité suffisante pour recevoir tout le fumier produit en 1 journée ou, de préférence, en 1 semaine.

POMPES DE TRANSFERT Il en existe plusieurs modèles sur le marché; elles servent à reprendre le fumier liquide ou le lisier d'un puisard et à le transférer dans la fosse. Les grosses pompes à piston, conçues pour évacuer le lisier renfermant un minimum de litière par un tuyau souterrain en PCV de 20 à 40 cm, sont de plus en plus populaires. Elles sont normalement actionnées par un moteur électrique de 6 à 7,5 kW.

La figure 34 illustre le fonctionnement de base de deux pompes à piston. Avec la pompe en A, le fumier est admis par un grand tiroir creux via des soupapes à clapets dont l'ajustement est grossier. Cette pompe convient au fumier qui ne renferme pas beaucoup de litière. Dans l'exemple illustré en B, un gros piston compact est poussé à l'horizontale à travers un tuyau. Le fumier pénètre à l'intérieur lorsque le piston est tiré, et est refoulé lorsque le piston est repoussé. Ce type de pompe s'accommode de fumier renfermant un peu de litière.

La distance de pompage maximale recommandée pour l'une ou l'autre de ces pompes dépend de la consistance du fumier; elle est généralement inférieure à 75 m pour le fumier semi-solide; toutefois, il peut se révéler impossible de refouler sur plus de 20 m du fumier un peu plus consistant. La consistance du fumier, étant difficile à déterminer, il est préférable de visiter plusieurs installations et de les comparer avant de décider de la longueur de la tuyauterie.

On peut également trouver d'autres types de pompe qui conviennent davantage aux installations où le stockage se fait dans les réservoirs-tours adjacents au puisard. Nous en discuterons plus en détail dans la partie consacrée au déstockage du fumier.

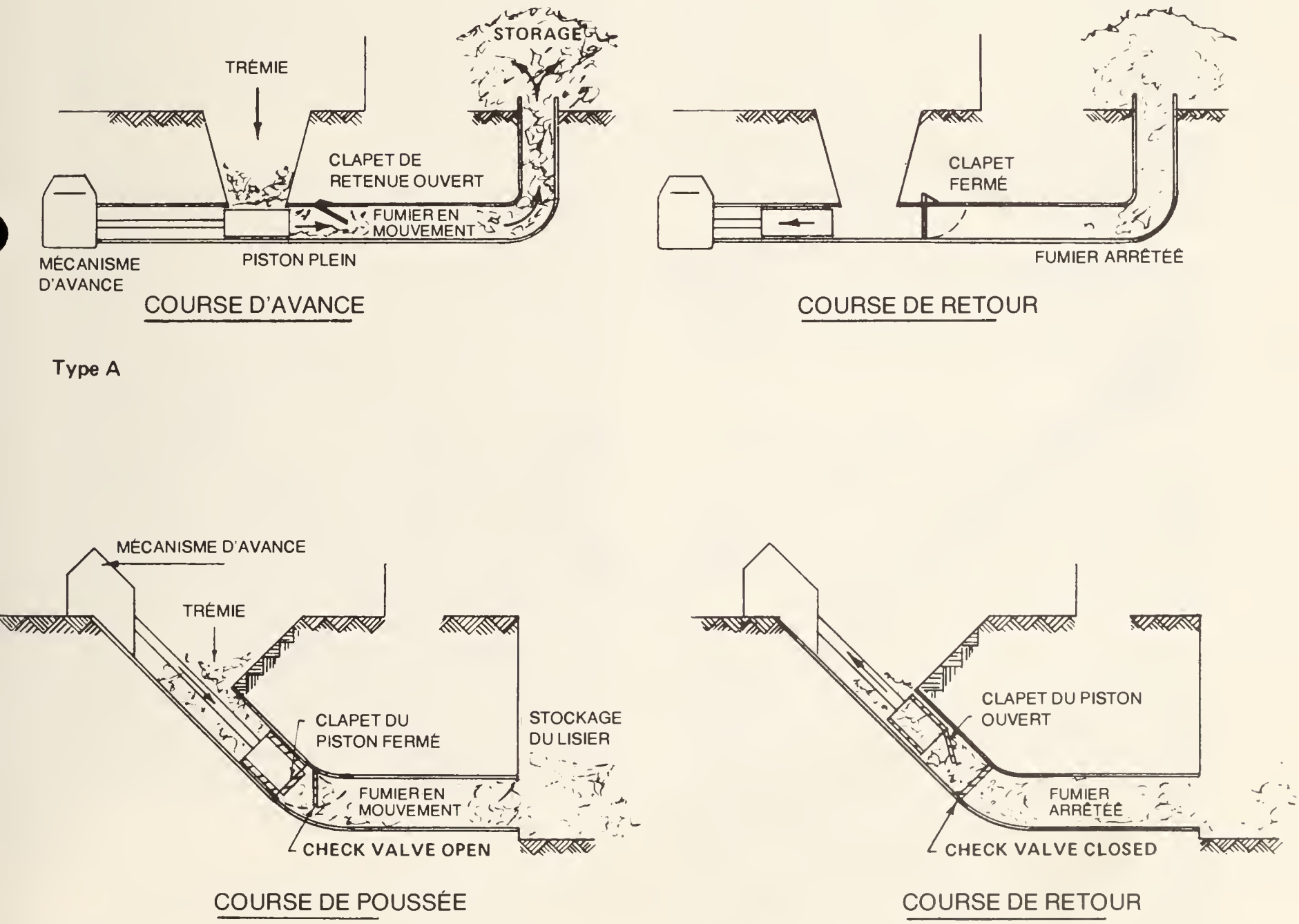


Figure 34 Pompes à tiroir.

Stockage du fumier

Le fumier est un sous-produit important de toute exploitation laitière normale; toutefois, pour en tirer pleinement profit et éviter toute pollution, la majorité des producteurs laitiers doivent bien planifier leur système de stockage.

Le fumier peut être chargé dans un épandeur et amené au champ tous les jours ou à intervalles rapprochés et réguliers, particulièrement lorsque l'exploitation laitière est peu importante. Avec l'épandage quotidien, l'investissement est minimum, l'accumulation de fumier aux abords de l'étable est presque inexistante et le travail consacré à cette tâche est réparti sur l'ensemble de l'année plutôt que concentré en quelques périodes. Toutefois, pour la majorité des producteurs laitiers, l'épandage quotidien suscite de nombreux problèmes. Ils doivent en effet sortir par tous les temps, ce qui n'est pas toujours agréable. Le fumier laissé trop longtemps sur le sol avant d'y être incorporé perd une grande partie de ses qualités fertilisantes. Le danger accru de pollution découlant de la nécessité d'épandre sur du sol gelé, enneigé ou saturé constitue cependant le plus grave problème. C'est pourquoi la plupart des agriculteurs doivent disposer d'une capacité de stockage suffisante pour ne pas avoir à épandre le fumier dans de telles conditions; parfois, la capacité de stockage doit même répondre jusqu'à l'équivalent de 8 mois de production.

Les besoins de stockage varient selon qu'il s'agit de fumier solide, semi-solide ou liquide. Le Service des plans du Canada dispose de toute un série de plans détaillés pour plusieurs types de fosse de stockage. Pour se les procurer, il suffit de s'adresser à un bureau régional du ministère de l'Agriculture.

Il convient de stocker le fumier à proximité de l'étable, à un endroit permettant l'agrandissement éventuel des installations et des bâtiments. Le lieu choisi doit être facile d'accès par un chemin carrossable en tout temps. Choisir un emplacement où il sera possible de détourner les eaux superficielles. Pour le stockage souterrain, éviter les endroits où la nappe phréatique est proche de la surface.

Si les fosses à lisier ou les fumières sont construites entièrement ou partiellement au-dessus du niveau du sol, il importe de doter les orifices d'admission et d'évacuation d'un dispositif de fermeture hermétique. Si l'aire de stockage est construite entièrement sous le niveau du sol et est couverte, doter les rampes d'accès d'un matériau de recouvrement suffisamment fort pour supporter le poids d'un homme. S'assurer que le drainage de surface aux abords du réservoir empêche la pénétration de l'eau de surface. Si le réservoir est construit à moins de 1,5 m du mur au-dessus du niveau du sol et n'est pas recouvert, on devra l'entourer d'un grillage qui en interdira l'accès aux hommes, aux animaux de ferme ou encore aux machines.

FOSSES À LISIER Il existe divers dispositifs pour le stockage du lisier, notamment: (a) les structures en béton armé de forme rectangulaire ou circulaire (figures 35 et 36), (b) les silos en douves de béton, en béton monolothique ou en métal traité contre la corrosion (figure 37) et (c) les étangs ceinturés (figure 38). Les installations à même le sol sont les moins coûteuses, mais on doit y aménager un quai approprié près du point le plus profond de la fosse, pour permettre l'évacuation du lisier à l'aide d'un tracteur et d'une pompe agitante. De même, on peut y adjoindre une rampe et un plancher en béton advenant que le tracteur et le matériel d'extraction le nécessitent. Dans le cas où il faut installer un toit, les fosses rectangulaires entraîneront des dépenses moins élevées que les circulaires.

La canalisation est la composante la plus importante des silos à lisier. Elle doit pouvoir transférer le fumier dans la fosse de stockage à intervalles réguliers, l'agiter avant l'extraction puis l'évacuer dans un citerne d'épandage. Dans les régions où il existe de nombreux constructeurs expérimentés de silos, la construction de silos couverts sera généralement moins coûteuse que celle de fosses à même le sol, quoique le prix de revient global, comprenant celui de la pompe et des canalisations, soit à peu près le même. Il importe d'éviter tout débordement accidentel dans l'étable.

Si la fosse est construite sous un plancher à caillebotis à l'intérieur de l'étable, on doit laisser un espace libre d'au moins 30 cm au sommet du réservoir et le ventiler adéquatement pour minimiser l'accumulation de gaz dangereux. Pour remédier aux dangers posés par les gaz, sortir le bétail et ouvrir toutes les portes de l'étable afin d'assurer une ventilation maximale des lieux au moment de procéder à l'agitation. Lorsque le système prévoit l'évacuation du lisier dans une fosse couverte distincte, à travers des orifices à même l'étable, il importe d'installer des ventilateurs refoulants près de la fosse ou d'y mettre en place des siphons pour empêcher le refoulement des odeurs et des gaz dangereux à l'intérieur. Ne jamais pénétrer à l'intérieur d'une fosse fermée ou couverte sans prendre au préalable les précautions qui s'imposent. S'assurer qu'elle est bien ventilée et porter un harnais de sécurité relié à une corde que retiendront au moins deux hommes à l'extérieur de la fosse. Comme mesure additionnelle, on peut également porter un masque à gaz. Ne jamais fumer ni utiliser d'allumettes ou de flamme nue pendant l'inspection d'un réservoir de stockage non ventilé; certains gaz, surtout le méthane, deviennent explosifs au contact de l'air.

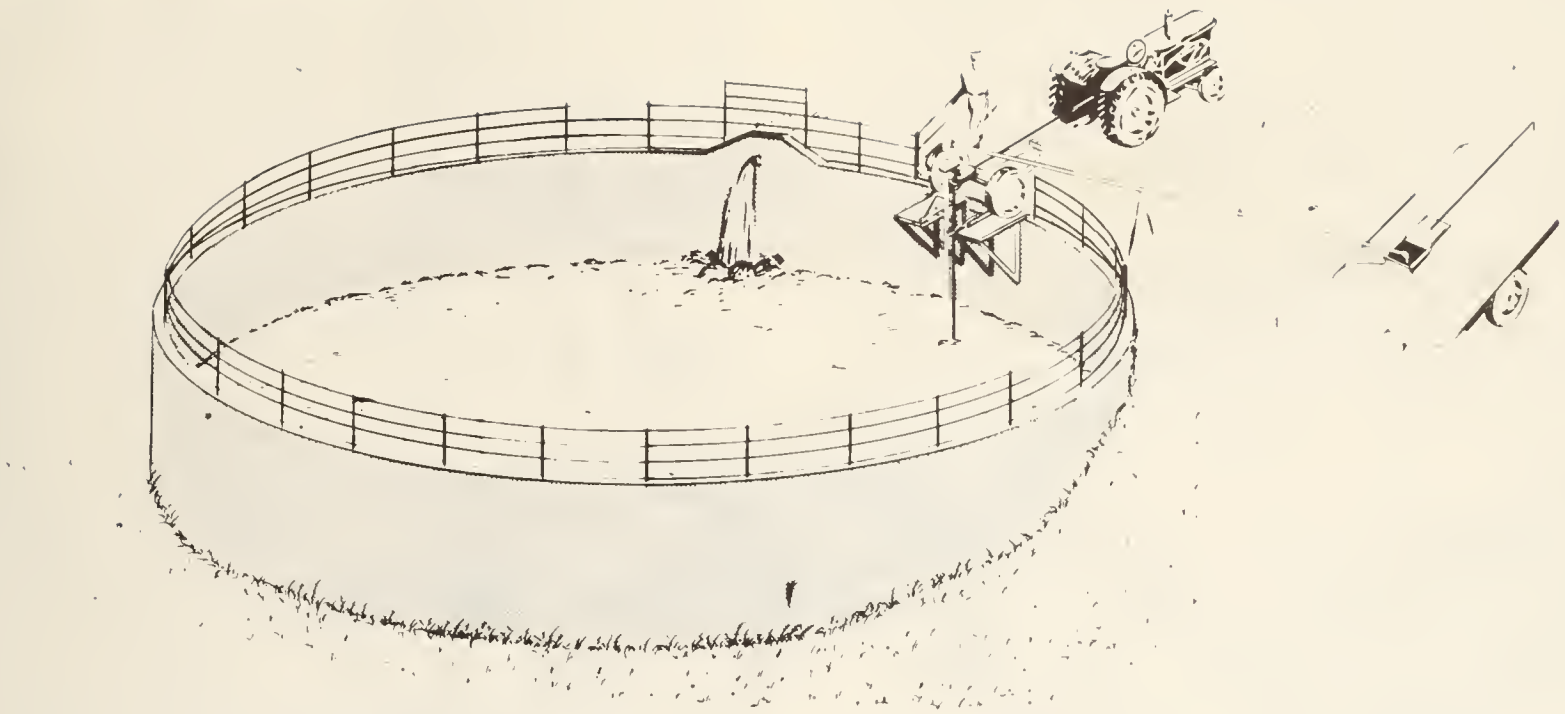


Figure 35 Fosse circulaire en béton, non couverte.

Figure 36 Fosse rectangulaire, en béton armé, couverte.

Figure 37 Silo à lisier, en douves de béton.

Figure 38 Étang ceinturé d'argile.

Éviter le plus possible de remuer le lisier dans la fosse pour réduire la production de mauvaises odeurs; par ailleurs, on peut les minimiser davantage en installant un toit. N'ajouter que le strict minimum d'eau de dilution pour le remuage et le pompage. Trop d'eau fait augmenter l'espace de stockage requis de même que le volume de déjections à épandre. Il faut tout de même ajouter assez d'eau pour bien diluer le fumier avant le remuage et éviter l'accumulation de solides.

Si l'on décide d'installer une fosse à même le sol plutôt qu'un réservoir en béton ou en métal pour entreposer le lisier, il faudra la situer à au moins 150 m de toute résidence et à 300 m de toute source d'eau publique. Elle devra se trouver sur un sol dont la pente empêchera les eaux de surface des aires avoisinantes de s'y déverser. Si la fosse est construite dans des sols autres qu'argileux, il faudra la doubler d'un matériau imperméable comme de l'argile pour empêcher toute infiltration et une éventuelle contamination de la nappe phréatique. Les fosses construites à même le sol doivent être entourées d'une clôture solide qui en interdit l'accès aux enfants, aux animaux ou aux machines.

STOCKAGE DU FUMIER SEMI-SOLIDE Ce type de fosse nécessite l'installation d'une dalle en béton entourée soit d'un mur en béton ou d'un remblai terreux (figure 39). Dans les régions où la nappe phréatique est élevée, il faut que la fosse soit complètement dégagée du sol pour éviter l'infiltration d'eau souterraine; cette disposition facilitera d'ailleurs le nettoyage. Dans les régions où les précipitations annuelles ou saisonnières sont élevées, il faut y ajouter un toit contre la pluie et la neige. Si elles sont recouvertes, les fosses (figure 40) doivent être bien ventilées pour prévenir l'accumulation de gaz dangereux. Tous les accès seront construits de bois d'oeuvre embouveté traité par pression ou de l'équivalent. Pour empêcher la pollution, le suintage doit pouvoir se déverser dans une rigole herbagée ou encore se jeter dans un bassin ou un réservoir de béton souterrain. La rampe d'accès, le cas échéant, doit être munie de garde-fous et d'une butée empêchant le tracteur de reculer accidentellement dans la fosse.

FOSSES À FUMIER SOLIDE (fumières) Les fumières nécessitent elles aussi une dalle pour supporter le matériel de chargement, en plus d'une margelle périmétrique pour retenir les débordements de liquide. Elles doivent se trouver sur un terrain bien égoutté, suffisamment en pente pour éloigner de la structure (figure 41) toute eau de surface. Il n'est pas recommandé d'entasser le fumier directement sur le sol, tout particulièrement dans les régions à pluviométrie élevée où la nappe phréatique est superficielle. Autant que possible, empiler le fumier à l'écart des endroits publics et des résidences, des cours d'eau et des sols graveleux ou à texture grossière. On doit entretenir les fumières de façon à réduire au minimum les odeurs, les mouches et la pollution.

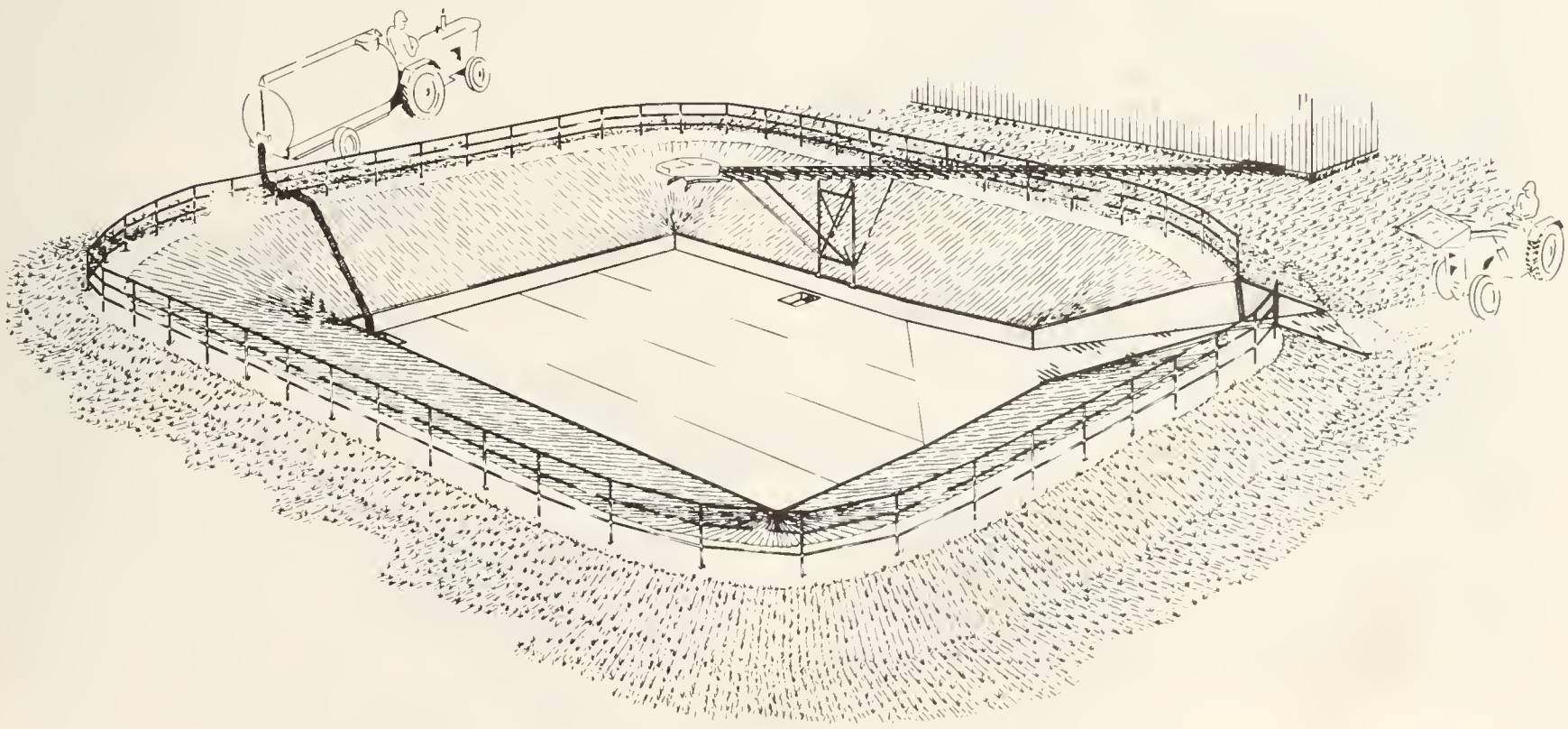


Figure 39 Plate-forme convexe à muret munie d'un remblai terreux.

Figure 40 Fosse rectangulaire couverte pour le stockage du fumier semi-solide.

Figure 41 Plate-forme convexe à muret pour l'entassement du fumier.

DIMENSIONS DES FOSSES À FUMIER Les fosses doivent avoir une capacité suffisante pour que l'exploitant n'ait pas à épandre le fumier sur les cultures fragiles pendant la saison de croissance ou à un moment où il y a danger d'écoulement de surface. Les dimensions des installations de stockage dépendent de l'espèce et du nombre d'animaux, de la durée de stockage et, dans le cas du lisier, du volume d'eau de dilution ajouté.

Une vache de 500 kg produit environ 0,42 m^3 de fumier par jour. Il faut donc déterminer la capacité de la fosse à fumier semi-solide en fonction de cette donnée et l'augmenter ou la diminuer selon la taille moyenne des animaux. Si l'exploitant utilise de la litière, il faut porter la capacité de stockage à 0,47 m^3 par vache, par jour. Dans un cas comme dans l'autre, le volume total de stockage V(s) équivaut au nombre de vaches multiplié par le nombre de jours de stockage et par la capacité de stockage exigée par vache chaque jour, plus le volume de toute eau de dilution ajoutée (ou des précipitations si la fosse n'est pas recouverte), c'est-à-dire:

$V(s) = N \times D \times V(f) + V(e)$, soit
N = le nombre de vaches
V(f) = volume de fumier produit chaque jour, par vache, y compris la litière
D = durée de stockage (jours)
V(e) = volume d'eau de dilution nécessaire (ou de précipitations si la fosse n'est pas recouverte).

On pourra se procurer au Service des plans du Canada une série de dépliants et de plans qui renferment tous les renseignements nécessaires concernant la capacité de chaque fosse en fonction de la taille des animaux, tant pour le fumier solide que semi-solide. Il suffit de s'adresser à un bureau régional du ministère de l'Agriculture.

Reprise du fumier stocké et épandage

Si le fumier est manipulé adéquatement, ses qualités fertilisantes et reconstituantes dépasseront en valeur les coûts de stockage, de déstockage et d'épandage. À l'heure actuelle, le recyclage du fumier sur les terres agricoles est la seule façon pratique de s'en débarrasser. Dans le présent ouvrage, seules les techniques faisant appel à l'utilisation d'épandeurs ont été considérées. Les systèmes d'irrigation des déjections laitières ont été jugés inacceptables par de nombreux agriculteurs canadiens. Toutefois, si on envisage d'utiliser ce système, il importe de diluer le lisier à environ 95 % pour le rendre suffisamment liquide en vue d'un pompage et d'une pulvérisation efficaces.

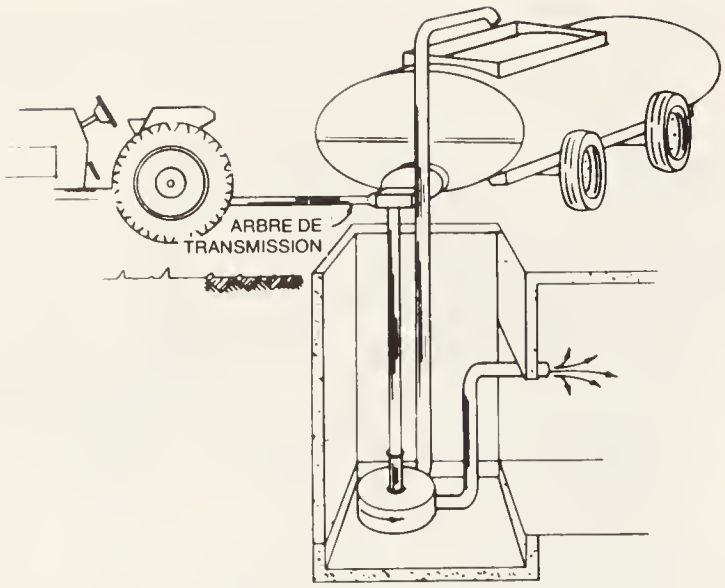
LISIER Il existe toute un gamme de pompes broyantes centrifuges (figure 42) pour l'extraction du lisier des fosses, quoique l'on puisse recourir à l'écoulement par gravité lorsque la topographie le permet. On peut également utiliser des pompes à vide à vis sans fin et à divers systèmes de convoyeurs à chaîne.

Peu importe la technique choisie, le lisier doit être remué. Habituellement, le remuage se fait au moyen d'une pompe actionné par la prise de force d'un tracteur ou encore au moyen d'un agitateur à hélice. La pompe a un rayon d'action d'environ 8 à 10 m, tandis que l'agitateur se révèle efficace dans un rayon allant jusqu'à 15 m dans un lisier relativement liquide. Pour une agitation efficace, les fosses rectangulaires gagnent à être divisées en compartiments n'excédant pas 8 m × 15 m. Ne pas ajouter de foin et de litière dans les fosses à lisier, car toute matière fibreuse engendre des problèmes au moment du remuage. Il importe de toujours procéder à un remuage adéquat avant d'entreprendre la reprise du fumier.

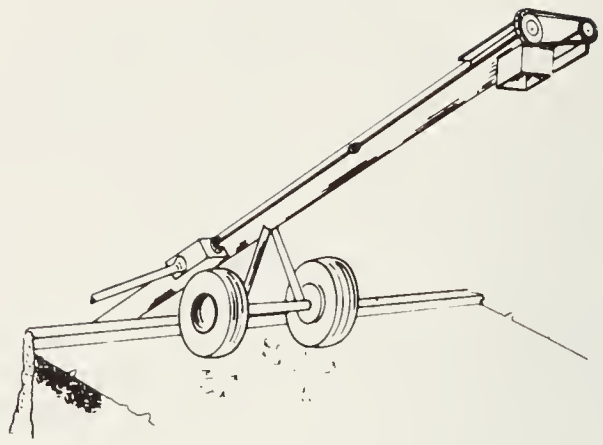
Il existe une vaste gamme d'épandeurs (figure 43) à lisier, notamment: la citerne à pression, la citerne non couverte, remplie par pompe, la citerne remplie par vis sans fin et l'épandeur à trémie non couvert. Les citernes à fléaux non recouvertes et les épandeurs conventionnels à caisson, dotés d'un dispositif hydraulique d'épandange, peuvent également convenir même s'ils ne sont pas conçus spécifiquement pour le lisier.

FUMIER SEMI-SOLIDE Le fumier semi-solide auquel on n'a pas ajouté d'eau ne se prêtant pas comme tel au remuage, il est difficile d'en faire la manutention avec le matériel conventionnel pour lisier. Toutefois, sans remuage, on pourra manipuler ce type de fumier avec un chargeur monté sur l'avant d'un tracteur ou encore avec un lame niveleuse, montée sur l'arrière du tracteur, que l'on fera glisser le long d'une rampe spécialement conçue. On s'affaire à mettre au point des pompes à lisier qui seront actionnées par la prise de force de tracteur; elles peuvent évacuer les déjections de bovins laitiers non remuées renfermant un minimum de litière.

Lorsque l'on envisage l'utilisation d'un chargeur frontal pour reprendre le fumier d'une fosse, il faut prévoir un moyen d'accès pour le tracteur. Il faudra donc soit installer des cloisons amovibles, soit procéder à la construction d'une rampe convenable. On devra également songer à construire un tablier en béton à l'extérieur de la fosse sur lequel on pourra stationner l'épandeur pendant l'opération de chargement. On recommande l'utilisation d'un tracteur (développant au moins 45 kW) équipé d'une pelle industrielle solide. Toutefois, les gros chargeurs industriels s'acquittent de cette tâche plus rapidement.

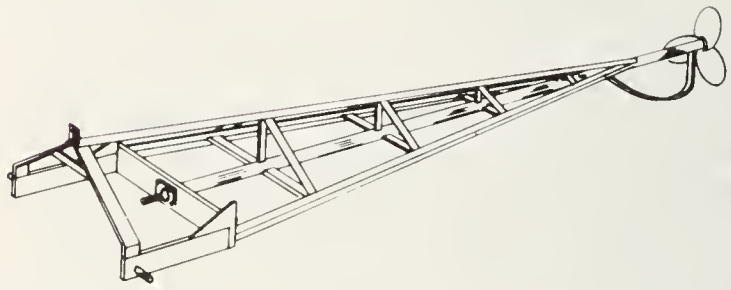


POMPE BROYANTE CENTRIFUGE



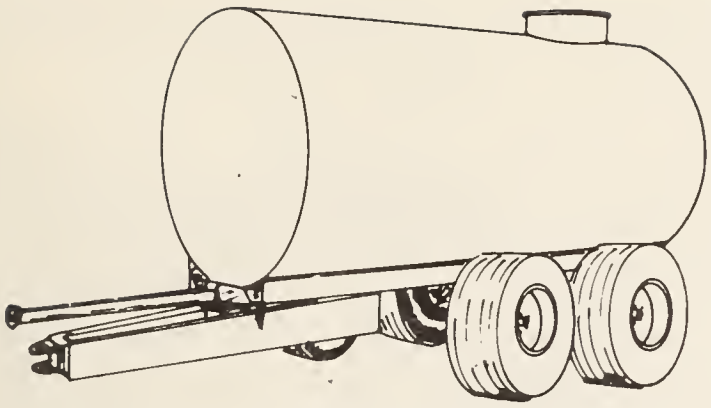
VIS SANS FIN

CONVOYEUR À CHAÎNE ENCLOISONNÉ

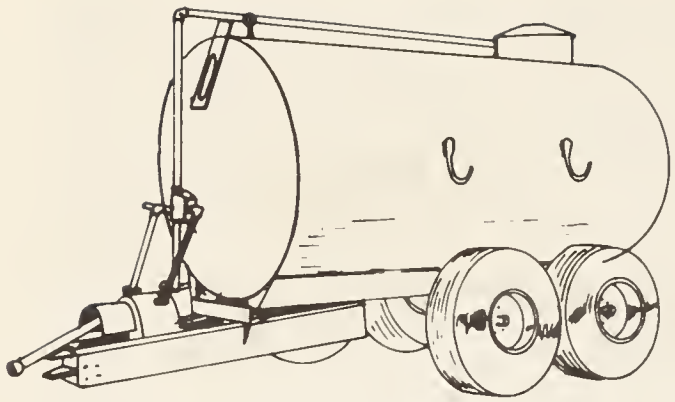


AGITATEUR À HÉLICE

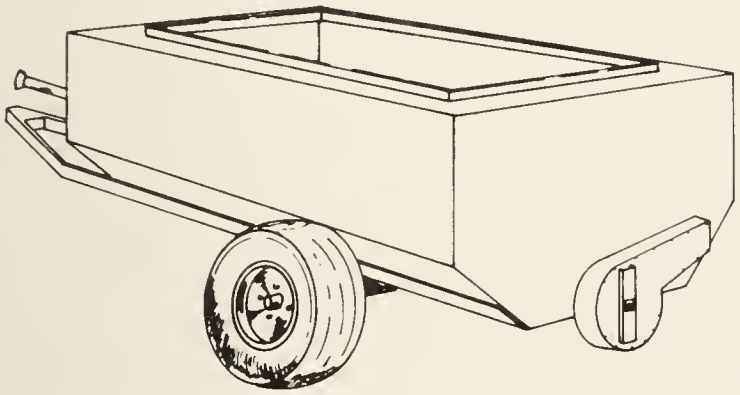
Figure 42 Divers types d'agitateurs et de convoyeurs à lisier.



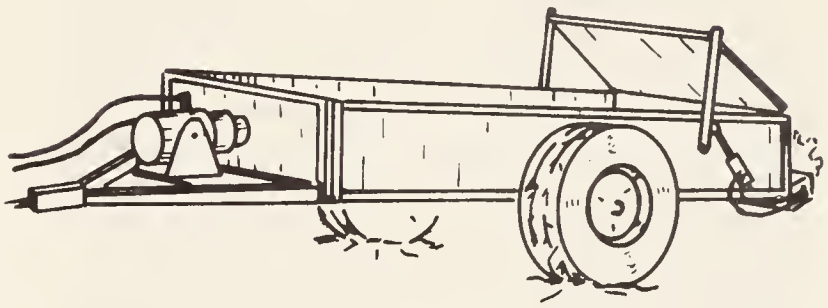
CITERNE À CHARGEMENT PAR LE HAUT
AVEC POMPE



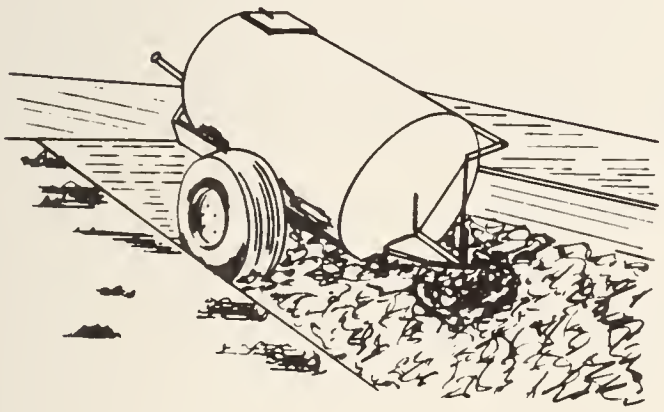
CITERNE À PRESSION



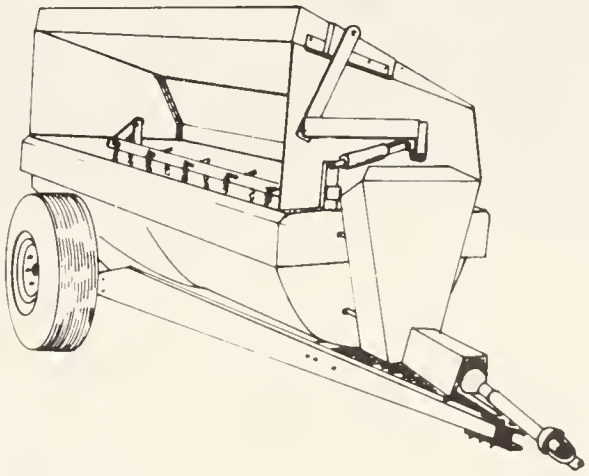
ÉPANDEUR À TRÉMIE À CHARGEMENT
PAR LE HAUT



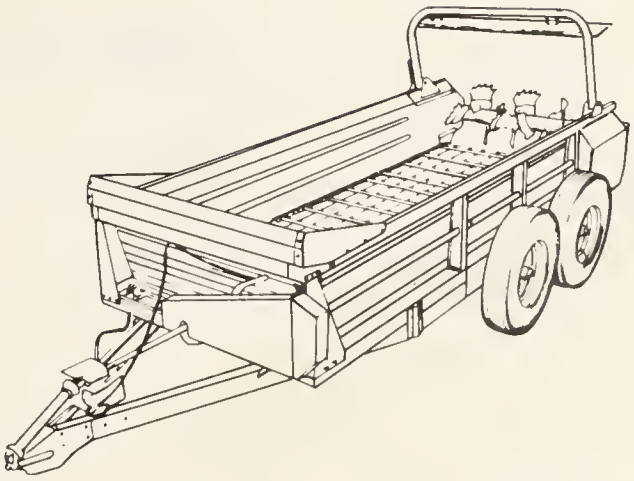
ÉPANDEUR À PISTON TÉLESCOPIQUE
HYDRAULIQUE



CITERNE À CHARGEMENT PAR VIS SANS FIN



CITERNE À FLÉAUX



ÉPANDEUR CLASSIQUE À CAISSON

Figure 43 Divers types d'épandeurs.

Une deuxième technique, mise au point récemment, de manipulation de fumier semi-solide non remué suppose l'utilisation d'un tracteur sur l'arrière duquel on a monté une lame niveleuse qui amène le fumier du fond de la fosse le long d'une rampe et le fait passer au-dessus d'une grille (figure 44). Avec ce dispositif, le fumier tombe dans une citerne non couverte, en passant par-dessus la grille. Le temps nécessaire au chargement d'un épandeur de 6 m^3 varie entre 2 minutes lorsque la fosse est pleine et 5 minutes lorsqu'elle est presque vide. Il importe d'installer une butée sur la rampe pour empêcher le tracteur de reculer accidentellement dans la fosse. Ce type de rampe peut être construit sur n'importe quel réservoir de béton peu profond ou fosse à remblai, et permet de charger les épandeurs rapidement, à des coûts peu élevés.

Les améliorations apportées aux épandeurs à caisson et aux citernes conventionnels permettent dorénavant de manipuler le fumier semi-solide. On peut également utiliser les épandeurs conventionnels à caisson avec dispositif hydraulique d'épandage, les épandeurs à culbutage hydraulique, les citernes d'épandage à fléaux, les épandeurs à trémie non couverts et les citernes à chargement par vis sans fin. Toutefois, les citernes à pression et les citernes conventionnelles nécessitant l'utilisation de pompes pour le remplissage ne donnent généralement pas un bon rendement.

FUMIER SOLIDE Pour extraire le fumier solide d'une fosse, il faut normalement utiliser un tracteur muni d'une pelle chargeuse à l'avant. Le chargement se fait directement dans un épandeur non couvert. La gamme d'épandeurs convenant à ce type de fumier se limite à l'épandeur à tablier mobile et à celui à fléaux. Le fumier solide nécessite un épandage uniforme; il faut donc veiller à ce que les gros morceaux soient brisés, particulièrement si l'application se fait sur des herbages.

ENFOUISSEMENT SUPERFICIEL DU FUMIER En enfouissant immédiatement le fumier après son épandage, par labour ou disquage, on diminue grandement l'émission d'odeurs et évite les écoulements de surface. Le fumier perd jusqu'à 25 % de sa teneur en azote dans les 24 premières heures suivant son application, à moins qu'il ne soit immédiatement incorporé au sol. Qu'il s'agisse de champs labourés ou de jachères, il existe des techniques d'enfouissement par labour ou par injection. Le labour ne convient pas à la plupart des exploitations ne disposant que d'une seule citerne d'épandage, quoique plusieurs exploitants aient toujours le loisir de mettre en commun leurs ressources. L'injection offre le plus grand nombre d'avantages, tant pour la réduction des odeurs que la prolongation de la période d'application au printemps, l'incorporation du fumier dans les champs de foin et les pâturages (sans pour autant détruire la récolte) et l'obtention d'un taux d'application acceptable. Les injecteurs (figure 45) actuellement disponibles fonctionnent à pression; ils évacuent le lisier se trouvant dans la citerne par l'entremise de tuyaux disposés derrière de profondes dents de sarclage, et l'incorporent au sol. Ce type d'appareil nécessite encore beaucoup d'améliorations pour obtenir une application uniforme et l'adapter aux cultures en rangée, dans une vaste gamme de sols différents. Les dispositifs courants de labour rapide et d'injection dans le sol ont été conçus pour le lisier; ils ne conviennent pas au fumier solide.

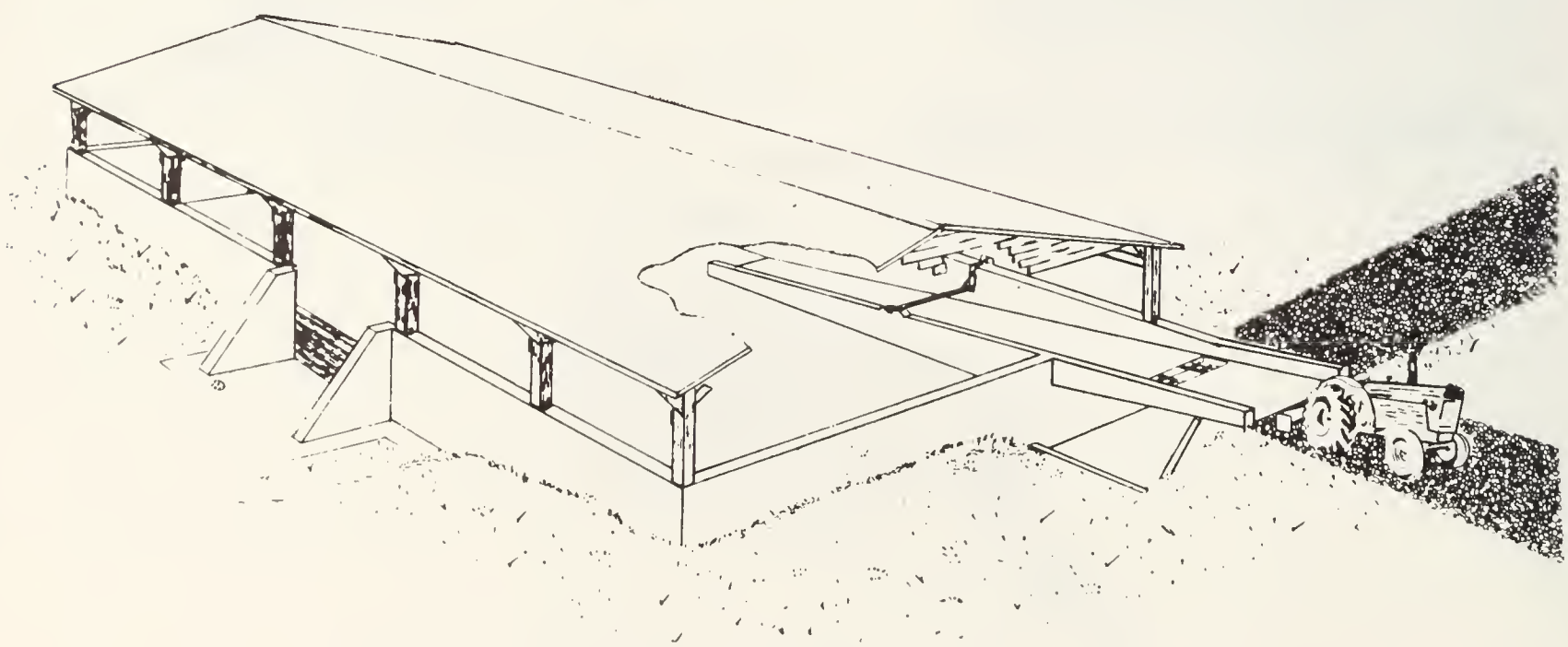


Figure 44 Rampe pour lame niveleuse montée sur tracteur — vidange du réservoir.

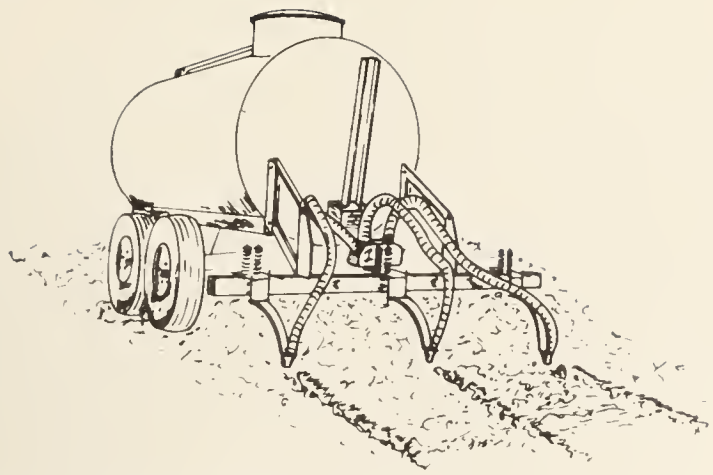


Figure 45 Citerne à injecteurs.

Élimination des eaux usées de laiterie

La plupart des provinces appliquent des règlements concernant la contamination des cours d'eau et des sources d'eau, ce qui détermine le mode d'élimination de eaux usées de laiterie et de salle de traite. Il n'est pas indiqué de drainer ces eaux sur la surface du sol (même si certaines provinces permettent de le faire), ou de les vider dans un système de drainage au champ dans un fossé à ciel ouvert, un ruisseau ou une rivière. Les eaux usées doivent plutôt être drainées dans un système conçu pour fournir un traitement approprié.

Pour éliminer les résidus de laiterie, on recommande de les jeter dans un réservoir à sédiments et un champ d'élimination ou de les déverser dans la fosse principale, si l'exploitation est dotée d'un système d'évacuation du lisier ou du fumier semi-solide. Si on a recours à l'irrigation de surface, un étang de retenue serait souhaitable.

La publication 1620 d'Agriculture Canada, intitulée *Agencement d'une laiterie*, expose en détail le réservoir à sédiments et le champ d'élimination, y compris la dimension des tranchées de même que les techniques de construction appropriées. Se rappeler que les eaux résiduelles de laiterie renferment des additifs désinfectants et, probablement, des restes d'aliments et un peu de fumier en provenance de la salle de traite. Cette combinaison rend l'élimination de ces déchets difficile, d'autant plus que l'activité bactérienne est faible et que le lisier s'accumule rapidement; il faut donc procéder à la collecte et à l'épandage au moins deux fois l'an.

Si les eaux usées de laiterie sont jetées dans la fosse principale, celle-ci doit avoir une capacité supplémentaire; compter 15 L par vache, par jour. Si l'on dispose d'une salle de traite, il faudra prévoir encore plus d'espace. Ce volume additionnel doit aussi être épandu, sans compter que le contenu de la fosse au moment de la vidange sera plus liquide.